

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-246029

(43)Date of publication of application : 11.09.2001

(51)Int.Cl. A63B 53/04
A63B 53/12
C22C 14/00

(21)Application number : 2000-398399

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

(22)Date of filing : 27.12.2000

(72)Inventor : FURUTA TADAHIKO
TAKAMIYA HIROYUKI
NISHINO KAZUAKI
SAITO TAKU

(30)Priority

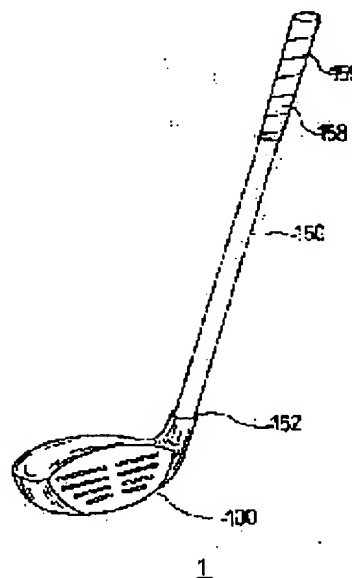
Priority number : 11369253 Priority date : 27.12.1999 Priority country : JP

(54) GOLF CLUB

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a golf club which can satisfy diversified demand performances with high flexibility in design.

SOLUTION: In the golf club 1 comprising a head (100) with a face part which a golf ball hits or contacts and a shaft (150) which is extended from one end part of the head and has a grip part at the other end thereof, the head and/or the shaft has a titanium alloy part comprising a titanium alloy with the average Young modulus of below 75 GPa and the tensile resilience limit strength of above 700 MPa.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3428582

[Date of registration] 16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the golf club with which average Young's modulus is characterized by having the titanium-alloy section which, as for said head and/or said shaft, **** elastic limit reinforcement becomes from the titanium alloy of 700 or more MPas by 75 or less GPas in the golf club which consists of a head equipped with the face section which a golf ball ****, and a shaft which extends from the end section of this head and equips the other end with the grip section.

[Claim 2] Said titanium-alloy section is a golf club according to claim 1 with which Va group (vanadium group) element of 30 - 60 mass % is contained, and the remainder consists of titanium (Ti) substantially when the whole is made into 100 mass %.

[Claim 3] Said titanium-alloy section is a golf club according to claim 2 whose average Young's modulus one or more sorts of elements in the metallic element group which consists of a zirconium (Zr), a hafnium (Hf), and a scandium (Sc) are contained further below 20 mass % in total, and is 75 or less GPas when the whole is made into 100 mass %.

[Claim 4] Said titanium-alloy section is a golf club according to claim 2 which contains the oxygen (O) of 0.08 - 0.6 mass % further when the whole is made into 100 mass %.

[Claim 5] For said titanium-alloy section, **** elastic limit reinforcement is the golf club according to claim 1 whose average Young's modulus it has 50% or more of cold-working organization, and is 800 or more MPas in 65 or less GPas.

[Claim 6] the time of said titanium-alloy section setting average Young's modulus to E (GPa), and setting a consistency to ρ ($103 \times \text{Kg/m}^3$) -- a ratio -- the golf club according to claim 1 whose Young's modulus E/ρ is under $16 (\times 10^{-3} \text{ GPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg})$.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a golf club. It is related with the golf club with a big design degree of freedom using a titanium alloy in more detail.

[0002]

[Description of the Prior Art] There are many people who play golf regardless of sex, age, etc., and, recently, female golfer is increasing considerably. Although there is a difference of level, workmanship, muscular power, etc., as it is, each golfer is enjoying golf. For example, a certain man is looking forward to improvement in a score, and people are looking forward to the feeling when hitting the flight distance and the golf ball by the driver. Thus, since liking of a golfer is also various, the golf club of a driver, an iron, and a putter is also asked for various engine performance. For example, they are engine performance, such as ballistic control of a golf ball, flight distance of a golf ball, the feeling of ** at the time of a blow, and a tap tone.

[0003] Then, it supposes first that the military requirement of this golf club is examined, and development takes up a prosperous driver (especially that head) to an example, and explains it below. Although many wooden heads, such as a persimmon, were conventionally used for the driver, the material property and the employable configuration of the wooden head were restrictive, and its design degree of freedom was small. For this reason, it was not what can respond to various engine performance enough. So, recently, a metalhead with a more big design degree of freedom came to be used abundantly at a golf club. Although a metalhead has variously a product made from stainless steel, a product made from an aluminium alloy, etc., development of the metalhead made from a titanium alloy is prosperous especially recently. In addition, the "metalhead" who states here refuses beforehand to include not only the whole head but the thing a part of whose head (face section etc.) is a product made from metal (it is the same hereafter.).

[0004] It is considered to be a main reason that the reason with especially prosperous development of the metalhead made from a titanium alloy has the large specific strength of a titanium alloy else [, such as a high-class feeling and corrosion resistance,]. If specific strength makes it a hollow head especially using a large thing, much more lightweight-ization can be attained and, also in a powerless female golfer, swing will become easy. Moreover, design degrees of freedom, such as moment of inertia of a head, head volume, and face area, increase. For example, if face area is expanded attaining lightweight-ization, it becomes easy to hit a golf ball at a sweet spot, and it is said that a ballistic controllability etc. becomes good. Thus, the metalhead made from a titanium alloy is liked very much from a viewpoint of specific strength.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] A golf club is asked for big flight distance. Although there are various opinions about the relation between a golf club and flight distance, if a head is made into moderate low rigidity and flight distance will be extended, it says (the reason is mentioned later.). However, the chief aim has set the conventional golf club made from a titanium alloy (especially the head) to the specific strength, and coexistence with the reduction in rigidity (reduction in Young's modulus) is not carried out, and it cannot necessarily be said that it was

desirable.

[0006] Although not restricted to a titanium alloy, a correlation is between the reinforcement of a metallic material, and Young's modulus, for example, generally it is said that the ingredient of quantity (ratio) reinforcement is high Young's modulus, and the ingredient of low (ratio) reinforcement is low Young's modulus. As long as this general rule is followed, it is very difficult to aim at coexistence of the high intensity of a golf club, and low rigidity using the conventional titanium alloy, and the golf club which can respond to various military requirements cannot be offered. Moreover, as long as this invention person investigated, the golf club made from a titanium alloy which fully aimed at coexistence of high intensity and low rigidity did not exist before this application, but development was made in the narrow range in which the conventional golf club used the specific strength of a titanium alloy. Thus, the big factor of be [it / in the property of the titanium alloy used for a golf club] which serves as fetters on the design of a golf club, and narrows a design degree of freedom is clear.

[0007] Then, completely developing newly the titanium-alloy ingredient of quantity (ratio) reinforcement and low rigidity which is needed when raising the military requirement of a golf club expanded the design degree of freedom of a golf club, and it considered that this invention person was indispensable when offering the golf club which can respond to various military requirements. And the military requirement of a golf club was first begun from clarifying. We decided to examine a golf club in a detail from a viewpoint of the general jump engine performance and the sensibility engine performance the core [the low rigidity especially needed in addition to specific strength].

[0008] (1) Although there were the ballistic controllability and flight distance of a golf ball in the jump engine-performance ** jump engine performance, we decided to pay one's attention to the flight distance considered to be appropriate when evaluating the effect by the reduction in rigidity objective here. The flight distance of a golf ball is determined by various factors, such as head speed at the time of a blow, the amount of spin of a golf ball, and a repulsion property between a golf ball and the face section. However, since the place which depends on a golfer's ability, the engine performance of a golf ball, etc. was large, paying attention to the repulsion property, it was presupposed to head speed and the amount of spin that the effect of the reduction in the rigidity of a golf club is considered here. In addition, generally the repulsion property is estimated by $\text{=(restitution coefficient) (initial velocity of golf ball immediately after blow)/(head speed in front of a blow)}$.

[0009] ** The theory of former versatility could be considered about this repulsion property, and researches and developments have been furthered. There are modal theory, the newest modal theory (impedance-matching theory), etc. as typical theory. Moreover, much applications about the golf club considered to have used those theory are also carried out. For example, they are JP,7-98077,B, JP,5-33071,B, and the international public presentation WO 98/No. 46312 official report (Japanese Patent Application No. No. 543736 [ten to]). Hereafter, it explains concretely, referring to the publication of these official reports. In the former official report (JP,7-98077,B), it checked experimentally that the contact time (τ) of the golf ball when making head speed into 40 m/s and the face section was set to about 600 microseconds, and has proposed setting up so that a head may have the resonant frequency f ($=1/T=1/2\tau$) from which the contact time τ serves as a half period ($T/2$). As a count result, it is indicated that the resonant frequency f is set to about 830Hz.

[0010] Moreover, in the latter official report (international public presentation WO 98/No. 46312 official report), it has proposed making the natural frequency (primary) of a golf ball carry out abbreviation coincidence of the natural frequency (primary) f of a head, especially the face section. Although it depends also on the class of golf ball, the resonant frequency of a common golf ball is $f=600\text{--}1600\text{Hz}$, and is setting the resonant frequency of a head to 1290Hz or less in the example. Both were common at the point to which it is being supposed that a restitution coefficient increases by reducing conventionally the natural frequency of the head which it was around 2000Hz to about 1000Hz although it differs in a theoretical configuration, and the flight distance of a golf ball is extended, and it was thought that a repulsion property and a natural frequency f had deep correlation. Then, it decided to pay its attention to the resonant frequency

f of a head next.

[0011] ** This resonant frequency f uses spring constant k and mass m theoretically. $f = (k/m)^{1/2} / 2\pi$ (formula 1)

It is led. Although this spring constant k of being influenced of Young's modulus is natural, it is influenced of the configuration of a golf club (for example, face section) etc. in addition to it.

That is, if the configuration changes also with the same Young's modulus, the mass m of a formula 1 will change and a resonant frequency f will change. Then, we decided to think that it is necessary to clarify the factor which affects this natural frequency f on the occasion of development of a golf club, to introduce a simple head model (drawing 1), and to examine that factor.

[0012] ** this head model -- a head -- closed-end -- it shall suppose that it is cylindrical, that one pars basilaris ossis occipitalis shall be assumed to be the face section of a head, and the face section shall be united with a cylinder part on that periphery If Load P acts on the core of the face section, the bending delta of outer-diameter phid and the circumference fixed disk of thickness h is drawn with $\delta = Pd^2 / 64\pi D$ by **** of a golf ball using strength of materials. D is the flexural rigidity of a plate and is $D = Eh^3 / 12 (1 - \nu^2)$. (E: Young's modulus, nu: Poisson's ratio)

It comes out. And if spring constant k is drawn from these two formulas with $k = P / \delta = 16\pi Eh^3 / 3 (1 - \nu^2) d^2$, this is transformed using area $S = \pi d^2 / 4$, and mass $m = \rho Sh$ (rho: consistency) of the face section and a proportionality constant alpha 1 is used $k/m = \{4\pi^2 / 3 (1 - \nu^2)\} (E/\rho)$. If it becomes $(h/S)^2 = \alpha_1 (E/\rho)$, and this formula is further substituted for a formula 1 and being expressed using a proportionality constant alpha 2 $f = \alpha_2 (E/\rho)^{1/2} - (h/S)$ (formula 2)

*****, therefore, the resonant frequency f -- a ratio -- it turned out that it is proportional to Young's modulus E/rho $(E/\rho)^{1/2}$ and shape factor h/S.

[0013] ** there -- first -- the ratio of a formula 2 -- it inquired from Young's modulus E/rho. original -- a ratio -- although Young's modulus E/rho has the value of a proper for every ingredient, drawing 4 also shows -- as -- a magnesium (Mg) alloy, an aluminum (aluminum) alloy, the conventional titanium (Ti) alloy, and which ratio of steel -- Young's modulus E/rho -- $1 (E/\rho)/2$. There was no great difference about $\approx 4.8 - 5.2$. Any metal ingredient of the future former is satisfactory with the ability of reduction of a resonant frequency f to have not been aimed at from an ingredient side. therefore, the ratio which is not in the conventional metal ingredient in order to aim at reduction of a resonant frequency f from an ingredient side -- it became clear that it is necessary to attain Young's modulus E/rho.

[0014] ** Next, shape factor h/S was examined. Although it will be good to make thickness h thin and to make the area S of the face section increase in order to reduce a resonant frequency f from a formula 2, it is not easy by the following reason to make the face section into such a configuration. If it asks for the stress sigma which acts on the face section using the head model of drawing 1, a proportionality constant alpha 3 will be used. $\sigma = \alpha_3 / h^2$ (formula 3)

It is expressed. Since stress sigma will increase rapidly if thickness h will be made thin from now on, when securing the reinforcement of a head, it is limit **** also to reduction of thickness h. On the other hand, making area S increase is considered and considering the weight balance of a golf club, design nature, the air resistance at the time of swing, etc., there is a limitation also in making area S increase. Therefore, in order to secure the thinner thickness h than the former and an EQC, it became clear that titanium-alloy ingredients enough also in reinforcement are needed.

[0015] ** Although inquired based on the head model of drawing 1 above, if it compares with an actual head, it cannot be overemphasized that a configuration and loading condition differ from a constraint etc. Therefore, although refused beforehand, it adheres to each formula, a multiplier, etc. which were mentioned above, and does not think completely. however -- as the index by which the engine performance of golf clubs, such as flight distance, is evaluated -- a ratio -- it is thought that it is fully shown that it is effective to use Young's modulus E/rho. These things are the same also about the next sensibility engine performance.

[0016] (2) Its attention was paid to the feeling of ** and tap tone of a golf ball as sensibility engine-performance sensibility engine performance. Although the place which depends on liking of a golfer or the engine performance of a golf ball is also large and cannot necessarily serve as an objective evaluation index of a golf club, these cannot be disregarded when offering the golf club which can respond to various military requirements. Then, these engine performance was examined based on the general judgment.

[0017] ** A feeling of ***** has moderate softness at the time of the blow of a golf ball, and is said as it is better not to transmit a big impact from a grip. For this reason, I thought it desirable that the face section bent moderately at the time of a blow. The bending delta of this face section uses a proportionality constant α_3 from the above-mentioned formula, and is $\Delta = \alpha_3 \cdot \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{h^2} \right) \cdot S$. It is (S/h) .

It is led easily. In order to raise a feeling of ** from now on, Young's modulus E and thickness h are reduced, and it will be good to make area S increase, and is fundamentally common in reduction of the above-mentioned resonant frequency f . however, reduction of a resonant frequency f -- differing -- here -- a ratio -- it differs in that Young's modulus E has influenced the direct bending delta from Young's modulus E/ρ . Therefore, at least reduction of Young's modulus E became clear [that it is effective in improvement in a feeling of **]. Moreover, though additional, if the bending delta of the face section becomes large moderately, it will be thought that the controllability of a golf ball also increases.

[0018] ** It is said that the moderate click of a tap tone tap tone sensed that flight distance was extended is desirable. If a tap tone turns into the amount of bass, or bass (low frequency), he will have blunt sensibility and it will be sensed that flight distance is short. On the contrary, displeasure will be given to a golfer if a tap tone turns into the amount of Oto, or loud sound (high frequency). Therefore, if it bends and a resonant frequency etc. can be adjusted moderately, the outer shell structure as the whole head and its desirable thing are also clear also from a viewpoint of a tap tone.

[0019] (3) In addition, a large number [the application to which it was presupposed that the flight distance of a golf ball can be lengthened] by using the titanium alloy of low Young's modulus for a golf club when this invention person investigated. For example, the indication is carried out to JP,5-111554,A, JP,6-240390,A, JP,8-143012,A, the provisional-publication-of-a-patent 10 Taira-155942 [No.] official report, etc. However, Young's modulus is still 80 or more GPa, and each titanium alloy used for these golf clubs does not have a conventional beta titanium alloy and great difference. Therefore, with such a golf club or a golf club head made from a titanium alloy, it is thought that improvement in the engine performance cannot be desired so much. Moreover, as long as such an ingredient is used, the design degree of freedom of a golf club will become narrow.

[0020] in view of such a situation, it succeeded in this invention, and there is. That is, it aims at offering a golf club with the big design degree of freedom which can meet the various demands by there being nothing to the former and using a high intensity titanium alloy with low rigidity.

[0021]

[Means for Solving the Problem] Then, this invention person developed and discovered the titanium alloy suitable for a golf club which can reduce Young's modulus (average Young's modulus) further, without causing a strong fall, as a result of inquiring wholeheartedly that this technical problem should be solved and repeating various systematic experiments. And this titanium alloy is applied to a golf club, and it comes to develop a golf club with the big design degree of freedom which can meet the various demands.

[0022] Namely, in the golf club which consists of a shaft which the golf club of this invention extends from the end section of a head equipped with the face section which a golf ball ****, and this head, and equips the other end with the grip section, as for said head and/or said shaft, average Young's modulus is characterized by having the titanium-alloy section which **** elastic limit reinforcement becomes from the titanium alloy of 700 or more MPa by 75 or less GPa.

[0023] The golf club of this invention was able to make not only the design degree of freedom from a side on the strength but the design degree of freedom from a rigid side expand according

to the military requirement by having the titanium-alloy section which average Young's modulus becomes from the titanium alloy which is the low Young's modulus of 75 or less GPas, **** elastic limit reinforcement securing the quantity (elasticity) reinforcement of 700 or more MPas. Therefore, increase of the flight distance of a golf ball, a feeling of **, improvement in a tap tone, etc. can be aimed at not to mention the ability to aim at increase of lightweight-izing of a golf club, and the head volume, expansion of a face aspect product, etc. as usual. And since it is possible to also make them balance by high order origin, the golf club whose engine performance improved remarkably can also be obtained.

[0024] If **** elastic limit reinforcement is less than 700 MPas, since the increment in weight etc. will be caused for reservation on the strength and the design degree of freedom of a golf club will be restricted, it is not desirable. Moreover, if average Young's modulus exceeds 75GPa (s), since it will be hard coming to plan low rigidity-ization and the design degree of freedom of a golf club will be restricted, it is not desirable. In addition, average Young's modulus is so desirable that it is set to 70 or less GPas, 65 GPas or less, 60 GPas or less, and 55 GPas or less at order, and **** elastic limit reinforcement is so desirable that it is set to 750 or more MPas, 800 MPas or more, 850 MPas or more, and 900 MPas or more at order.

[0025] Here, "**** elastic limit reinforcement" means the stress which was carrying out the load of [when a permanent set (distortion) reaches to 0.2%] in the tension test which repeats the load and unloading of a load to a test piece gradually, and performs them. In this point and said tension test, it differs from the tensile strength called for by **(ing) the load in front of final fracture of a test piece with the cross section before the trial in the parallel part of that test piece. Moreover, "average Young's modulus" is the semantics of the Young's modulus representing the titanium alloy which does not point out "an average" of the Young's modulus in strict semantics, and was used by this invention. Specifically in the stress (load)-distortion (elongation) diagram obtained by said tension test, the inclination (inclination of a tangent) of the curve in the stress location equivalent to one half of **** elastic limit reinforcement was made into average Young's modulus. The detail of "**** elastic limit reinforcement" and "average Young's modulus" is mentioned later separately. In addition, in this specification, "low Young's modulus" means that said average Young's modulus is small to the conventional general Young's modulus, and means that said **** elastic limit reinforcement or said tensile strength of "high intensity" is large.

[0026]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of a golf club is listed to below, and this invention is explained to it in detail.

(1) Use and explain drawing 2 A and B in full detail below about average Young's modulus, the average Young's modulus of the titanium-alloy section of **** elastic limit this invention on the strength, and **** elastic limit reinforcement. Drawing 2 A is drawing having shown typically the stress-strain diagram of the titanium alloy used by this invention, and drawing 2 B is drawing having shown typically the stress-strain diagram of the conventional titanium alloy (Ti-6aluminum-4V alloy).

[0027] ** As shown in drawing 2 B, in the conventional metallic material, elongation increases linearly in proportion to the increment in tensile stress first (between **'-**). And the Young's modulus of the conventional metallic material is called for by the slope of a line. If it puts in another way, the Young's modulus will serve as a value which **(ed) tensile stress (nominal stress) by the distortion (nominal distortion) in it and proportionality. Thus, in the straight-line region (between **'-**) which has stress and distortion in proportionality, deformation is elastic, for example, if unloading of the stress is carried out, the elongation which is deformation of a test piece will return to 0. However, if tensile stress is further applied across the straight-line region, even if the conventional metallic material begins plastic deformation and it carries out unloading of the stress, the elongation of a test piece will not return to 0, but will produce a permanent set.

[0028] Usually, stress sigma_p from which a permanent set becomes 0.2% is called proof stress 0.2% (JIS Z 2241). This 0.2% proof stress is also the stress in the intersection (location **) of the straight line (**' - **) and stress-distortion curve which carried out the parallel displacement of

the straight line (**' – starting [** :] tangent of the section) of an elastic-deformation region by distortion 0.2% on the stress-strain diagram. In the case of the conventional metallic material, based on the rule of thumb of "becoming a permanent set if elongation exceeds about 0.2%", 0.2% proof stress ** **** elastic limit reinforcement is considered, and it is usually *****. On the contrary, if it is in this 0.2% proof stress, it will be thought that the relation between stress and distortion is in general linear or elastic.

[0029] ** As time shown also in the stress-strain diagram of drawing 2 A, such a conventional concept is not applied to the titanium alloy used for the titanium-alloy section of this invention. In the case of the titanium alloy used by this invention, although a reason is not certain, in an elastic-deformation region, a stress-distortion diagram does not serve as a straight line, but it becomes a convex curve (**' – **), and if unloading is carried out, along with said curvilinear **--**', elongation will return to 0 or will produce a permanent set along with **--**'. Thus, in the titanium alloy used by this invention, if stress and distortion are not in linear relation and stress increases even in an elastic-deformation region (**' – **), distortion will increase rapidly.

Moreover, if it is the same, stress and distortion are not in linear relation and stress decreases also when unloading is carried out, distortion will decrease rapidly. That is, it turns out that the titanium alloy used by this invention is what has the outstanding high elasticity deformability.

[0030] By the way, in the case of the titanium alloy used by this invention, the inclination of the tangent on a stress-strain diagram is decreasing, so that drawing 2 A may also show and stress increases. Thus, in an elastic-deformation region, since stress and distortion do not change linearly, it is not appropriate that the conventional approach defines the Young's modulus of the titanium alloy used by this invention. Moreover, in the case of the titanium alloy used by this invention, since stress and distortion do not change linearly, it is not appropriate to estimate it by the same approach as usual as 0.2% proof stress ($\sigma_{0.2}$) ** **** elastic limit reinforcement, either. That is, in 0.2% proof stress which can be found by the conventional approach, it cannot become a small value more remarkable than original **** elastic limit reinforcement, and 0.2% proof stress ** **** elastic limit reinforcement cannot be considered any longer.

[0031] Then, we decided to introduce the above-mentioned average Young's modulus as Young's modulus of the titanium alloy which returned to the original definition, and presupposed that it asks to have mentioned above the **** elastic limit reinforcement ($\sigma_{0.2}$) of the titanium alloy used by this invention (** location in drawing 2 A), and was used by this invention. In addition, $\sigma_{0.2}$ is tensile strength among drawing 2 A and drawing 2 B, $\epsilon_{0.2}$ is distortion in the **** elastic limit reinforcement ($\sigma_{0.2}$) of the titanium alloy used by this invention, and $\epsilon_{0.2}$ is distortion in 0.2% proof stress ($\sigma_{0.2}$) of the conventional metallic material.

[0032] (2) The golf club of presentation ** this invention of the titanium-alloy section is suitable, if the titanium-alloy section contains Va group (vanadium group) element of 30 – 60 mass % and the remainder consists of titanium (Ti) substantially, when the whole is made into 100 mass %. Low Young's modulus-ization of the titanium-alloy section was able to be attained by doing 30–60 mass % content of Va group's element, without bringing about the fall of specific strength. Low Young's modulus of the request of the content of Va group's (vanadium group) element under by 30 mass % cannot be obtained, but on the other hand, if it exceeds 60 mass %, the consistency of the titanium-alloy section will become large and the fall of the specific strength of the titanium-alloy section will be caused. Moreover, if 60 mass % is exceeded, it will become easy to produce the ingredient segregation by difference of the atomic weight of a content element. In addition, unless it refuses especially, mass % is a value when making the presentation of the whole alloy into 100 mass %, and when calling it "x–y mass %", the minimum (x) and upper limit (y) are included (following, the same).

[0033] Va group (vanadium group) has niobium (Nb) besides vanadium (V), and a tantalum (Ta), and all are beta stabilizers. However, it is not that the titanium-alloy section is restricted to beta mold alloy. By content of this Va group element, cold-working nature was able to be remarkably raised with low Young's modulus-ization compared with conventional alpha mold alloy, a conventional alpha+beta mold alloy, etc. Therefore, it is very effective in case the head of a golf club etc. is manufactured with cold pressing shaping etc. In addition, in order to suppress the increment in the consistency of the titanium-alloy section of this invention and to make it not

cause the fall of specific strength, it is more desirable when the content of Va group element is made into 30 to 50 mass %.

[0034] ** The golf club of this invention is suitable in one or more sorts of elements in the metallic element group which consists of a zirconium (Zr), a hafnium (Hf), and a scandium (Sc) being contained below 20 mass % in total, and average Young's modulus being 75 or less GPas, when the titanium-alloy section makes the whole 100 mass % further. The zirconium and the hafnium are effective in the reduction in Young's modulus and high-intensity-izing of a titanium alloy. Moreover, since these elements are titanium and a family (IVa group) element and are neutral elements of all rate dissolution molds, they do not bar low Young's modulus-ization of the titanium alloy by Va group element.

[0035] Moreover, a scandium is an element effective in reducing the binding energy between titanium atoms specifically with Va group element, and attaining further low Young's modulus-ization, when it dissolves to titanium (reference-works-roc.9th World Conf.- Titanium and (1999) to be published). It is not desirable in order to cause the fall and cost rise of reinforcement and toughness by the ingredient segregation, if those elements exceed 20 mass % in total. When aiming at balance of Young's modulus, reinforcement, toughness, etc., those elements are more desirable in it being five to 15 mass % further more than 1 mass % in total.

[0036] Moreover, on Va group element and an operation, since these elements have many common parts, they can also be permuted by Va group element within the limits of predetermined. For example, the remainder can serve as substantially Va group (vanadium group) element with which the sum total of one or more sorts of elements in the metallic element group which the titanium-alloy section of this invention becomes from 20 or less % of the weight of a zirconium (Zr), a hafnium (Hf), and a scandium (Sc) in total, and one or more sorts of elements in this metallic element group becomes 30 - 60 % of the weight from titanium.

[0037] Moreover, 1-10 mass % content of a zirconium (Zr) and/or a hafnium (Hf) is done, and you may make it average Young's modulus set to 75 or less GPas. Average Young's modulus can attain the further low Young's modulus [say / 75 or less GPas], without reducing **** elastic limit reinforcement the same with having mentioned above by doing 1-10 mass % content of a zirconium and/or a hafnium. Therefore, the width of face which can adjust the resonant frequencies f, such as a head of a golf club, spreads further and is convenient.

[0038] In addition, the content is suitable in it being one to 10 mass % in compound any [of a zirconium simple substance, a hafnium simple substance or a zirconium, and a hafnium] case. As for neither, under 1 mass % is enough as a dissolution-ized operation, and desired low Young's modulus is not obtained. On the other hand, if 10 mass % is exceeded, the whole consistency increases and it is not desirable from the point of specific strength. Moreover, it becomes easy to produce an ingredient segregation and the fall of reinforcement and toughness may be caused. And when they are made into five to 10 mass % from viewpoints, such as low Young's modulus and reinforcement, it is much more desirable.

[0039] ** The golf club of this invention is suitable if the titanium-alloy section contains one or more kinds of elements from from further among the metal groups which consist of the molybdenum (Mo) of 1 - 20 mass %, the iron (Fe) of 1 - 20 mass %, tin (Sn) of 1 - 20 mass %, and aluminum (aluminum) of 0.1 - 3 mass %. Molybdenum is an element effective in raising the room temperature reinforcement of the titanium-alloy section, and hot-working nature.

[0040] It is very significant to the golf club used in a room temperature region that room temperature reinforcement is large. Solid-solution-strengthening operation with molybdenum sufficient by under 1 mass % is not acquired, and improvement in room temperature reinforcement cannot be aimed at. Moreover, when molybdenum exceeds 20 mass %, it becomes difficult to become easy to produce an ingredient segregation and to obtain a homogeneous ingredient, and it may cause reinforcement and a ductile fall. In addition, molybdenum can raise further four to 15 mass %, and room temperature reinforcement, and it is desirable.

[0041] Moreover, the iron of 1 - 20 mass % may be contained with the molybdenum instead of molybdenum. Iron is also an element effective in improvement in the room temperature reinforcement of the titanium-alloy section. Solid-solution-strengthening operation with iron sufficient by under 1 mass % is not acquired, and improvement in room temperature

reinforcement cannot be desired. If iron exceeds 20 mass %, it will become easy to produce an ingredient segregation, and a homogeneous ingredient cannot be obtained, but reinforcement and a ductile fall will be caused. In addition, when iron is made into three to 15 mass %, room temperature reinforcement can be raised further and it is desirable.

[0042] Moreover, it is suitable if the tin (Sn) of 1 – 20 mass % is contained with the molybdenum instead of molybdenum or iron, and iron. Although tin is alpha stabilization element, it is an element effective in the improvement in on the strength of the titanium-alloy section of this invention. If tin cannot desire improvement in reinforcement under by 1 mass % but 20 mass % is exceeded, the ductility of the titanium-alloy section will fall. In addition, in order to obtain the reinforcement stabilized with low Young's modulus, it is more desirable when the content of tin is made into 4 – 15% by mass %.

[0043] Moreover, it is suitable if the aluminum of 0.1 – 3 mass % is contained with the molybdenum instead of molybdenum, iron, or tin, iron, and tin. Aluminum is also an element effective in raising the room temperature reinforcement of the titanium-alloy section like molybdenum etc. If aluminum is especially contained with tin, the titanium-alloy section can aim at improvement in **** elastic limit reinforcement, without injuring toughness. Solid-solution-strengthening operation with aluminum sufficient by under 0.1 mass % is not acquired, and improvement in room temperature reinforcement cannot be desired. Moreover, if 3 mass % is exceeded, the ductility of the titanium-alloy section will fall. In addition, in order to raise room temperature reinforcement further, it is more desirable when aluminum is 0.5–2 mass % Included.

[0044] ** The golf club of this invention is suitable, if the titanium-alloy section contains the oxygen (O) of 0.08 – 0.6 mass % further when the whole is made into 100 mass %. Oxygen is an element effective in the improvement in on the strength of the titanium-alloy section. It is very effective when obtaining a golf club with a big design degree of freedom by coexistence with Va group's element especially, since the titanium-alloy section can be made into high intensity and low Young's modulus. However, it is not desirable in order to be unable to aim at improvement in reinforcement if the content of oxygen is made under into 0.08 mass %, but for average Young's modulus to rise if 0.6 mass % is exceeded, and to bring about the fall of elongation. Moreover, if 0.6 mass % is exceeded, ductility will fall and cold-working nature, such as rolling, will also fall. Desirably, it is good to do 0.15–0.5 mass % content of oxygen.

[0045] Moreover, if the titanium-alloy section contains the carbon (C) of 0.05 – 1.0 mass % when the whole is made into 100 mass %, it is suitable. Like [carbon] oxygen, it is the solid-solution-strengthening element of an invasion mold, and is an element effective when making alpha phase of a titanium alloy stability and raising reinforcement. If carbon cannot fully aim at improvement in on the strength of a titanium alloy but exceeds 1.0 mass %, it causes embrittlement of a titanium alloy and is not desirable at under 0.05 mass %. It is more desirable when aiming at balance of reinforcement and ductility, and carbon is made into 0.1 to 0.8 mass %.

[0046] ** When the whole is made into 100 mass %, if the titanium-alloy section contains the boron (B) of 0.01 – 1.0 mass %, it is still more suitable for the golf club of this invention. Boron is an element effective when raising the mechanical material property and hot-working nature of a titanium alloy. boron -- a titanium alloy -- almost -- not dissolving -- the -- the whole quantity deposits as titanium compound particles (TiB particle etc.) mostly. This deposit particle is because the grain growth of a titanium alloy is controlled remarkably and the organization of a titanium alloy is maintained minutely. If under 0.01 mass % of boron exceeds 1.0 mass % rather than it is enough as the effectiveness, when the deposit particle of high rigidity increases, the rise of the overall average Young's modulus of the titanium-alloy section and the fall of cold-working nature will be caused. On the other hand, when boron is made into 0.01 to 0.5 mass % compatible in detailed-izing of an organization, low Young's modulus, cold-working nature, etc., it is much more desirable.

[0047] In addition, within limits which can combine with arbitration and do not deviate from the meaning of the golf club of this invention within the limits of predetermined, each presentation element mentioned above can blend still more nearly another element, and can also form the titanium-alloy section.

[0048] (3) The titanium-alloy section has 50% or more of cold-working organization, and the golf

club of organization ** this invention of the titanium-alloy section has average Young's modulus suitable for **** elastic limit reinforcement in their being 800 or more MPas at 65 or less GPas. When the titanium-alloy section has a cold-working organization, it is compatible by high order origin in the reduction in Young's modulus, and high intensity-ization. It is very convenient, when carrying out cold pressing processing and manufacturing the configuration member of a golf club especially.

[0049] A cold-working organization is an organization obtained when cold working of the titanium-alloy section is carried out, and below the recrystallizing temperature (the minimum temperature which causes recrystallization) of a titanium alloy is pointed out "between the colds." 50% or more of cold-working organization means the cold-working organization which can do it when the rate of cold working defined by the degree type is 50% or more.

Rate of cold working = $(S_0 - S) / S_0 \times 100$ (%)

(The cross section before S_0 : cold working, S: Cross section after cold working)

Now, the reason for the ability to attain low Young's modulus and high intensity-ization is not necessarily clear by giving such a cold-working organization.

[0050] It extracts to this cold working between cold rolling, cold pressing, and the cold, and it has drawing between the colds, SUEJINGU processing between the colds, etc. Moreover, after manufacturing a material first by cold working (cold-working process for materials), the material may be fabricated by cold pressing for a product, and both processes may be performed as one process (cold pressing process for shaping). Moreover, cold-forging of the material (a sintered compact and hot-working material) may be directly carried out with a cold pressing machine, and predetermined cold working etc. may be given. However, since it is desirable to add remarkable cold working in order to obtain high intensity and low Young's modulus, what the organization of the titanium-alloy section is considered for as sufficient cold-working organization at the cold-working process for materials is desirable.

[0051] ** When using with sintering, the titanium-alloy section is much more suitable for the golf club of this invention again in his being the sintering organization which includes a hole with a pitch diameter of 50 micrometers or less below 30 volume %. The amount of reduction of average Young's modulus can be adjusted without having big effect on the reinforcement of the titanium-alloy section of this invention, or ductility by adjusting the amount of a hole by such within the limits. When performing cold working, it is good to perform eburnation so that a hole with a pitch diameter of 50 micrometers or less may become below 10 volume % (precise chemically-modified degree). A precise chemically-modified [this] degree seems to perform hot forging etc. lightly for example, after sintering.

[0052] Here, if a pitch diameter exceeds 50 micrometers or a hole exceeds 30 volume %, the reinforcement of the titanium-alloy section will fall and cold-working nature etc. will get worse. By adjusting the pitch diameter of this hole, and volume % suitably, high-intensity-izing and low Young's modulus-ization can be attained further. If a sintering organization is obtained by making it sinter for 4 to 16 hours in the ambient atmosphere of 1200-1550 degrees C and 1.3x10-3MPa and eburnation sufficient at the time of shaping of titanium powder etc. can be attained after it does CIP shaping (cold isostatic pressing) of the metal powder by hydrostatic-pressure 200-400MPa, it does not need to perform a precise chemically-modified degree separately after that.

[0053] In addition, a hole means the opening which remains to a configuration in-house, and it is estimated by relative density. It is expressed with percentage $(\rho/\rho_0) \times 100$ (%) of a value which broke the sintered compact consistency ρ by true density ρ_0 (in the case of 0% of residual holes), and volume % of a hole is expressed in a degree type as relative density.

Volume % = $\{1 - (\rho/\rho_0)\} \times 100$ of a hole (%)

The pitch diameter evaluates the hole configuration measured by the two-dimensional image processing as an equivalence circle configuration with an area equal to it, and makes the average of the path which can be found from those equivalence circle configurations the pitch diameter of a hole configuration.

[0054] (4) the ratio of the titanium-alloy section -- the time of setting average Young's modulus to E (GPa), and the titanium-alloy section setting a consistency to ρ (103xKg/m³), as for the golf club of Young's modulus this invention -- a ratio -- Young's modulus E/ ρ -- under 16

($\times 10^{-3}$ GPa-m³/kg) or $1 (E/\rho)/2$ It is suitable in it being less than $4(\times 10^{-3}$ GPa-m³/kg) $1/2$. it mentioned above -- as -- the conventional ingredient -- this ratio -- Young's modulus E/ρ was not based on that class, but since it was about 1 constant value, it was difficult to reduce the resonant frequencies f , such as the head section, from an ingredient side. however -- the titanium-alloy section of the golf club of this invention -- this ratio -- Young's modulus E/ρ was able to be made into the low value more remarkable than the conventional ingredient. That is, reduction of the natural frequency f of the titanium-alloy section can be attained from an ingredient side, there is nothing to the former, and the design degree of freedom of a golf club was able to be extended.

[0055] as an example -- the titanium-alloy section of this invention -- a ratio -- since it is a consistency $\rho = 5.836$ (103xKg/m³) in average Young's modulus $E = 53$ (MPa) when Young's modulus E/ρ is shown -- a ratio -- it is set to Young's modulus $E/\rho = 9.1$ ($\times 10^{-3}$ GPa-m³/kg). A graph [the conventional other metallic materials / this] is shown in drawing 3 . It doubles with a formula 2 in drawing 3 , and is an axis of abscissa $1 (E/\rho)/2$ It carried out. clear also from this drawing 3 -- as -- a ratio with it -- it turns out that it is Young's modulus E/ρ . [the remarkable titanium-alloy section and] [low] Moreover, $1 (E/\rho)/2$ of this titanium-alloy section Even if it compares with the conventional alpha plus beta titanium alloy or the lowest beta titanium alloy of Young's modulus, they are about 40% and about 25% of reduction, and *****, respectively. from now on -- a ratio -- it turns out that Young's modulus E/ρ has been reduced remarkably.

[0056] in addition, a ratio -- if Young's modulus E/ρ exceeds $16 (\times 10^{-3}$ GPa-m³/kg), since optimization of the natural frequency f of the titanium-alloy section etc. will become difficult and the design degree of freedom of a golf club will be restricted, it is not desirable. on the other hand -- the design degree of freedom of a golf club -- more -- it should expand -- a ratio -- if Young's modulus E/ρ puts in another way 12 or less -- $1 (E/\rho)/2$ It is more desirable when it carries out to 3.5 (each unit is the same as the above) or less.

[0057] (5) If the titanium-alloy section of this invention constitutes said a part of face section [at least], it is suitable for the golf club of configuration this invention of the titanium-alloy section. As shown in the formula 3 mentioned above, it is thought that reduction of thickness h brings about the rapid increment in stress, but since the **** elastic limit reinforcement of the titanium-alloy section is 700 or more MPas and high intensity, it can be made into the thinner thickness h than [conventionally and] equivalent. Therefore, only from the ingredient side, reduction of a natural frequency f etc. could be aimed at also from the shaped surface, and the design degree of freedom of a golf club has been extended further.

[0058] In addition, what used the titanium-alloy section all over the face section is sufficient as what was carried out to "a part of face section [at least]", and what used the titanium-alloy section only for the sweet spot part is sufficient as it. Furthermore, what fixed the titanium-alloy section only on the front face of the face section may be used, and since the titanium-alloy section does not need to secure head reinforcement directly in this case, the titanium-alloy section can be made much more thin.

[0059] (5) As the titanium-alloy section has carried out application ****, since the titanium-alloy section is equipped with the description it is featureless to the former, the design degree of freedom of a golf club expands the golf club of this invention, and it can attain the various military requirements.

[0060] ** For example, if it is the golf club which used the titanium-alloy section for the head, the whole head (outer shell) of a golf club may be constituted from the titanium-alloy section, and only the face section may consist of the titanium-alloy sections. Moreover, as mentioned above, a sweet spot etc. may constitute only one field of the face section from the titanium-alloy section. Furthermore, only the surface may consist of the titanium-alloy sections by making the face section into double layer structure. Thus, there is no golf club which constituted the head from the titanium-alloy section in the former, and it can raise engine performance, such as flight distance, a feeling of **, and a tap tone. In addition, various coating processings etc. may be performed on the surface of such the titanium-alloy section. For example, abrasion resistance etc. can be raised by raising surface hardness. Specifically, oxidation, nitriding treatment, etc.

occur.

[0061] ** It is still better also as a golf club which constituted the whole shaft or a part from the titanium-alloy section. The golf club which has the shaft which it comes it lightweight to improve with the high specific strength and low Young's modulus of the titanium-alloy section is obtained. Although based also on liking of a golfer, if the rigidity of a shaft can be reduced securing reinforcement, the impact when hitting a golf ball becomes small, and it is said that a feeling of ** improves. Moreover, if a deflection becomes large, the elastic strain energy stored in a shaft becomes large, and it may be easy to transmit the elastic strain energy to a golf ball at the time of a blow. Moreover, ballistic control of a golf ball can also become easy.

[0062] ** Naturally an iron besides a driver and a putter are also contained in the golf club of this invention. Moreover, the purpose using the titanium-alloy section is not restricted to the improvement in flight distance, a feeling of **, a tap tone, etc. Flight distance, a feeling of **, a tap tone, etc. are only instantiation to show the magnitude of the design degree of freedom of the golf club of this invention. Thus, since the golf club of this invention has the very large design degree of freedom, it can respond to a golfer's various level.

[0063]

[Example] The golf club of this invention is explained concretely hereafter. The driver 1 which is one example of the golf club of this invention is shown in drawing 4. This driver 1 prepares the above-mentioned titanium-alloy section in the face section 110 of a head 100. Then, the various examples of this titanium-alloy section are explained first.

[0064] (1) It is the following, and the manufacture titanium-alloy section of the 1st example ** titanium-alloy section was made and manufactured. As raw material powder, commercial hydrogenation and dehydrogenation titanium (Ti) powder (-#325, -#100), niobium (Nb) powder (-#325), tantalum (Ta) powder (-#325), and zirconium (Zr) powder (-#325) were prepared. Next, these powder is blended so that it may become the presentation rate (Table 1) of Ti-30Nb-10Ta-5Zr, and it is this powder Pressure 4 ton/cm² It considered as the phi50mmx100mm Plastic solid with CIP shaping (cold isostatic pressing), pressurizing. The amount of content oxygen at this time adjusted in the amount of oxygen (O:0.1 to 0.5 mass %) contained in Ti powder (the same is said of the following examples). In addition, Table 1 omitted and showed Ti which is the remainder.

[0065] Next, heat this Plastic solid for 1300 degree-Cx 16 hours, it was made to sinter in the vacuum of 1.3x10 to 3 Pa, and it considered as the sintered compact. And hot forging of this sintered compact was carried out in 950-1150-degree C atmospheric air, it considered as the Hara material of 15mm of board thickness, and eburnation of a sintered compact organization was attained (precise chemically-modified degree). In this way, cold working of the obtained Hara material was carried out further, and it considered as the plate material with a thickness of t=4mm (cold-working process for materials). The rate of cold working at this time was 73%. In addition, for this cold working, the plate material with a thickness of 4mm was obtained without intermediate annealing through 0.5mm pass 22 times using the cold rolling mill.

[0066] Next, the face section 110 was obtained by cold working (cold pressing) using this plate material (cold pressing process for shaping). In addition, the cold-working process for materials and the cold pressing process for shaping are made into 1 in all process, a cold pressing machine performs cold forging directly, and you may make it the rate of cold working become 50% or more. However, since the titanium-alloy section of low Young's modulus and high intensity can be certainly obtained if cold working (50% or more of rates of cold working) sufficient at the cold-working process for materials before the cold pressing process for shaping is performed as mentioned above, it is desirable. Moreover, it also becomes possible by adjusting extent (rate of cold working) of cold working to adjust average Young's modulus and **** elastic limit reinforcement. Moreover, if these processes are divided, since much face sections (titanium-alloy section) will be once obtained from a larger plate (material) by cold pressing processing, improvement in productive efficiency can also be aimed at.

[0067] ** The material property of the obtained titanium-alloy section in which the titanium-alloy section carried out measurement **** was measured as follows.

(a) About average Young's modulus and **** elastic limit on-the-strength each test specimen,

the tension test was performed using the Instron testing machine, a load and elongation were measured, and it asked for the stress-strain diagram. The Instron testing machine is an omnipotent tension tester made from Instron (manufacture name), and a drive method is electric-motor controlling expression. Elongation was measured from the output of the strain gauge stuck on the side face of a test piece. Based on the stress-strain diagram, it asked for average Young's modulus and **** elastic limit reinforcement by the approach mentioned above. At this time, average Young's modulus was 53GPa(s) and low Young's modulus, and **** elastic limit reinforcement was 936MPa(s) and high intensity.

[0068] (b) When asked for the consistency consistency by the Archimedes method, it was $5.836 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

[0069] (c) Feeling relieved asked for elongation-after-fracture delta. In this example, elongation was 14%. In addition, elongation-after-fracture delta is the gage length L_f at the time of fracture. The gage length L_0 before a trial It uses and is $\text{delta} = (L_f - L_0) / L_0$. It is expressed $\times 100(\%)$ and is L_f . It measured based on the above-mentioned stress-strain diagram. The material property of these titanium-alloy sections is collectively shown in Table 1.

[0070] (2) It is the following, and the titanium-alloy section of the 2-15th examples ** 2-15th examples was made and manufactured. Ti powder mentioned above as raw material powder, Nb powder, Ta powder, and Zr powder, Vanadium (V) powder (-#325), hafnium (Hf) powder (-#325), Molybdenum (Mo) powder (-#325), Fe-Nb powder (-#325), Tin (Sn) powder (-#325), aluminum-V powder (-#325), scandium (Sc) powder (-#325), TiB2 powder (-#325), and TiC powder (-#325) were prepared, these powder was chosen suitably, and it blended at a various rate shown in Table 1. Using each of those mixed powder, like the 1st example, shaping, sintering, hot forging, cold working, etc. were performed, and the face section 110 which consists of the titanium-alloy section with the various presentations shown in Table 1 was manufactured.

[0071] ** The material property of each titanium-alloy section was measured like the 1st example, and those results were collectively shown in Table 1. In order to have the cold-working nature which low Young's modulus and high intensity (**** elastic limit reinforcement) were obtained by cold working, and was very excellent, if the titanium-alloy section of this invention is used for the golf club member by which cold pressing shaping is carried out, it is the optimal so that the material property of Table 1 may also show.

[0072]

[Table 1]

| 実施例 No. | 合金組成 (単位:質量%) | | | | | | | | | | | 平均 ヤング 率 (GPa) | 引張 弾性限 強度 (MPa) | 伸び (%) | 密度 (g/ cm ³) | 比ヤング率 (E/ρ) ^{1/2} (×10 ³ GPa· m ³ /kg) ^{1/2} | 冷間 加工率 (%) |
|------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|------|-------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|---|------------------|
| | Nb | V | Ta | Zr | Hf | Mo | Fe | Sn | Al | Si | O | | | | | | |
| 1 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.28 | 53 | 936 | 14 | 5.836 | 3.01 | 73 |
| 2 | 35 | 10 | | | | | | | | | 0.35 | 61 | 985 | 10 | 5.868 | 3.22 | 85 |
| 3 | 17 | 5 | 10 | | 5 | | 4 | | | | 0.33 | 54 | 965 | 12 | 5.665 | 3.09 | 85 |
| 4 | 10 | 11 | 20 | | | | 5 | 5 | 1.5 | | 0.30 | 63 | 1050 | 9 | 5.548 | 3.37 | 85 |
| 5 | 30 | 15 | 5 | 5 | 5 | | | | 1 | | 0.29 | 60 | 1085 | 13 | 6.133 | 3.13 | 85 |
| 6 | 30 | | 10 | 2 | | 5 | | | | | 0.39 | 59 | 1028 | 14 | 5.897 | 3.37 | 85 |
| 7 | 35 | | 5 | | | | | 3 | | | 0.27 | 57 | 929 | 11 | 5.591 | 3.19 | 75 |
| 8 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.22 | 69 | 927 | 8 | 5.748 | 3.46 | 75 |
| 9 | 35 | | 2 | 8 | | | | | | | 0.25 | 64 | 976 | 8 | 5.755 | 3.33 | 75 |
| 10 | 35 | | 10 | | | | | | | | 0.22 | 69 | 948 | 6 | 5.887 | 3.42 | 75 |
| 11 | 35 | | 10 | | | | | | | | 0.22 | 58 | 928 | 14 | 5.863 | 3.15 | 75 |
| 12 | 35 | | | 10 | | | | | | | 0.51 | 61 | 956 | 10 | 5.811 | 3.24 | 90 |
| 13 | 38 | | 2 | 2 | | | | | | | 0.37 | 58 | 988 | 14 | 5.575 | 3.17 | 90 |
| 14 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.41 | 55 | 1121 | 12 | 5.726 | 3.10 | 90 |
| 15 | 40 | 6 | 4 | | | | | | | | 0.28 | 65 | 871 | 15 | 6.003 | 3.29 | 90 |

[0073] (Golf club)

(1) The driver driver 1 consists of a head 100 and a shaft 150 fundamentally, as shown in drawing 4. Hereafter, these are divided and explained.

** As shown in head drawing 5, the head 100 of a driver consists of fundamentally four members of the face section 110, the side bottom shell 120, the epivalve section 130, and the pipe 140 for shaft attachment. Each part material other than face section 110 is identitas ingredient Ti-4.5Fe-7Mo-1.5aluminum-1.5V (unit: mass %), and was manufactured by cold pressing processing. This ingredient was decided in consideration of weldability with the face section 110, the rigidity of a hollow head, and reinforcement. In this example, thickness of side bottom shell 120 grade was set to 2.6mm. And the circumference joint of each part material of the face section 110, the side bottom shell 120, the epivalve section 130, and the pipe 140 for shaft attachment was welded, and it considered as the head 100. Although laser beam welding was used for welding, electron beam welding may be used. In addition, although the quality of the material of the face section 110 and other members should be differed in this example, all members may consist of the face section 110 (titanium-alloy section) and this quality of the

material.

[0074] Next, a configuration etc. is explained to a detail about these 4 member.

(a) The face section 110 is a part which a golf ball **** at the time of a blow. As shown in drawing 5, this face section 110 is carrying out tabular [of an abbreviation ellipse form], and has almost uniform thickness h and area S . It is as follows when the resonant frequency f of this face section 110 is estimated concretely. That is, a natural frequency f is [0075] which becomes reduction about 40% compared with the usual golf club since it is set [according to the golf club of this invention] to $1 (E/\rho) / 2 = 3.0$ in the case of the 1st example of the above when area S and thickness h are made usually the same as that of the configuration of a model. Usually, in the case of the driver with the face made from titanium, in the case of 1300-1400Hz and an iron, the resonant frequency f is said to be 1800-1900Hz for the resonant frequency f . Here, considering the case where considered that α^2 of a formula 2 and h/S were fixed, and the conventional face is permuted in the titanium-alloy section of this invention, the resonant frequency f of 780-840Hz and an iron is set to 1080-1140Hz by the resonant frequency f of a driver.

[0076] On the other hand, the resonant frequency f of the usual golf ball is 600-1600Hz. or [that the golf club of this invention can make the natural frequency f from this almost equal to the natural frequency f of a golf ball] -- or it turns out that it can bring close remarkably. Therefore, according to this invention, a golf club with the big design degree of freedom which can aim at remarkable improvement in the flight distance of a golf ball, a feeling of **, a tap tone, etc. can be offered.

[0077] this example -- thickness h -- abbreviation -- although thought as fixed, it considers as light-gage (the shape of a concave lens), applying the face section in the center from the circumference, and you may make it the amount of this thin-walled part become a sweet spot (two-dot chain line in drawing 5) for example, as shown in drawing 6 (A-A cross section in drawing 5) in this case, an above-mentioned area S and the thickness h of the titanium-alloy section -- the area S of this sweet spot, and the thickness h of that maximum thin-walled part -- substituting -- a ratio -- it is good to estimate Young's modulus E/ρ , shape factor h/S , and a resonant frequency f . Thus, improvement in the flight distance of a golf ball etc. may be aimed at by making the natural frequency f of a sweet spot part in agreement with the natural frequency of a golf ball. Moreover, it is good for the front face of the face section 110 to form suitably the vadium 111 prolonged in a longitudinal direction. Thereby, the resonant frequency f of the face section 110 and the resonant frequency f of a sweet spot can be tuned finely suitably. Moreover, design nature also improves.

[0078] (b) The side bottom shell 120 forms the pars basilaris ossis occipitalis (SOL section) and the circumferential flank of a head 100, and is carrying out abbreviation closed-end semicircle tubed. Moreover, the crevice 121 for holding the pipe 140 for shaft attachment is established in a part of the circumferential flank.

[0079] (c) The epivalve section 130 is a ****-like member with a smooth curve side. In order to hold the pipe 140 for shaft attachment, the crevice 131 corresponding to the crevice 121 of the side bottom shell 120 is established in the edge.

[0080] (d) The pipe 140 for pipe shaft attachment for shaft attachment is a pipe-like member for attaching the shaft 150 of a golf club in a head 100. The lower limit is welded to the SOL top face 129 of the side bottom shell 120, and the circumferential flank is welded to the crevice 121 of the side bottom shell 120, and the crevice 131 of the epivalve section 130. The attachment section 151 of the below-mentioned shaft 150 is inserted in the upper limit opening 141.

[0081] ** The shaft 150 is a long and slender hollow rod made from carbon fiber. The grip section 159 (drawing 4) for a golfer to grasp is formed in the upper limit, and the above-mentioned attachment section 151 is formed in the lower limit. While being easy to grasp a golfer, the cushioning material 158 for softening the impact at the time of a blow is wound around the grip section 159. On the other hand, the attachment section 151 serves as a narrow diameter from shaft 150 body, and carries out abbreviation coincidence of the die length at the die length of the pipe 140 for shaft attachment. And the contact section (level difference section of the attachment section 151) circumference 152 of the attachment section 151 inserted in

upper limit opening of the pipe 140 for shaft attachment is welded, and a driver 1 completes.
[0082] (2) The example which changed the driver 1 of the 1st example of an iron into the iron 2 is shown in drawing 7. In this example, by welding the titanium-alloy section homogeneous as the above-mentioned titanium-alloy section around the annular body 200, the face section 210 is constituted and it considers as an iron 2. Other configurations are fundamentally [as the above-mentioned driver 1] the same. In addition, a body 200 is not annular, and cross-section horseshoe-shaped is sufficient and it is good to paste up the titanium-alloy section on the face section front face of that body 200 in this case.

[0083]

[Effect of the Invention] Since the golf club of this invention is equipped with the titanium-alloy section of the low rigidity in high intensity, there is nothing to the former and a design degree of freedom can respond to breadth and various military requirements.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing having shown roughly the head model for examining the military requirement of a golf club.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the average Young's modulus and **** elastic limit reinforcement concerning this invention, drawing 2 A is drawing having shown typically the stress-strain diagram of the titanium alloy concerning this invention, and drawing 2 B is drawing having shown the stress-strain diagram of the conventional titanium alloy typically.

[Drawing 3] the ratio of various metallic materials -- Young's modulus (E/ρ) $1/2$ It is compared drawing.

[Drawing 4] It is drawing showing the driver which is the 1st example of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the head of the driver which is the 1st example of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the modification of the face section of the driver which is the 1st example of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the iron which is the modification of the 1st example of this invention.

[Description of Notations]

1 Driver (Golf Club)

100 Head

110 Face Section (Titanium-Alloy Section)

150 Shaft

159 Grip Section

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-246029

(P2001-246029A)

(43)公開日 平成13年9月11日(2001.9.11)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームコード*(参考) |
|--------------------------|------|---------------|-------------|
| A 6 3 B 53/04 | | A 6 3 B 53/04 | A 2 C 0 0 2 |
| 53/12 | | 53/12 | Z |
| C 2 2 C 14/00 | | C 2 2 C 14/00 | Z |

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-398399(P2000-398399)
(22)出願日 平成12年12月27日(2000.12.27)
(31)優先権主張番号 特願平11-369253
(32)優先日 平成11年12月27日(1999.12.27)
(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1
(72)発明者 古田 忠彦
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 高宮 博之
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(74)代理人 100081776
弁理士 大川 宏

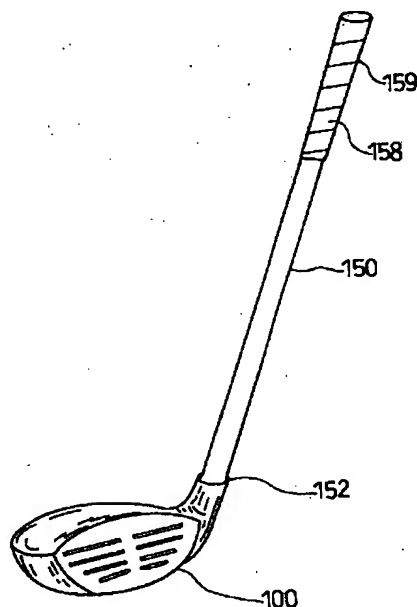
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ゴルフクラブ

(57)【要約】

【課題】設計自由度の大きな、多様な要求性能に応えることができるゴルフクラブを提供することを目的とする。

【解決手段】ゴルフボールが打接するフェース部を備えるヘッド(100)と、このヘッドの一端部から延出し他端部にグリップ部を備えるシャフト(150)とからなるゴルフクラブ(1)において、前記ヘッドおよび／または前記シャフトは、平均ヤング率が75GPa以下で引張弾性限強度が700MPa以上のチタン合金からなるチタン合金部をもつことを特徴とするゴルフクラブ。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ゴルフボールが打接するフェース部を備えるヘッドと、該ヘッドの一端部から延出し他端部にグリップ部を備えるシャフトとからなるゴルフクラブにおいて、

前記ヘッドおよび／または前記シャフトは、平均ヤング率が 75 GPa 以下で引張弾性限強度が 700 MPa 以上のチタン合金からなるチタン合金部をもつことを特徴とするゴルフクラブ。

【請求項 2】前記チタン合金部は、全体を 100 質量%とした場合に、30～60 質量%の V 族（バナジウム族）元素を含有し、残部が実質的にチタン（Ti）からなる請求項 1 記載のゴルフクラブ。

【請求項 3】前記チタン合金部は、全体を 100 質量%とした場合に、さらに、ジルコニウム（Zr）とハフニウム（Hf）とスカンジウム（Sc）とからなる金属元素群中の 1 種以上の元素を合計で 20 質量%以下含有し、平均ヤング率が 75 GPa 以下である請求項 2 記載のゴルフクラブ。

【請求項 4】前記チタン合金部は、さらに、全体を 100 質量%とした場合に、0.08～0.6 質量%の酸素（O）を含有する請求項 2 記載のゴルフクラブ。

【請求項 5】前記チタン合金部は、50%以上の冷間加工組織を有し平均ヤング率が 65 GPa 以下で引張弾性限強度が 800 MPa 以上である請求項 1 記載のゴルフクラブ。

【請求項 6】前記チタン合金部は、平均ヤング率を E（GPa）、密度を ρ ($10^3 \times \text{Kg}/\text{m}^3$) とするとき比ヤング率 E/ρ が $16 (\times 10^{-3} \text{GPa} \cdot \text{m}^3/\text{Kg})$ 未満である請求項 1 記載のゴルフクラブ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、ゴルフクラブに関するものである。さらに詳しくは、チタン合金を用いた設計自由度の大きなゴルフクラブに関するものである。

【0002】

【従来の技術】性別、年齢等を問わずゴルフをする人は多く、最近では女性ゴルファがかなり増えている。レベル、技量、筋力等の相違はあるものの、各ゴルファーがそれなりにゴルフを楽しんでいる。例えば、ある人はスコアの向上を楽しみにし、別の人はドライバーによる飛距離やゴルフボールを打撃した時のフィーリングを楽しむにしている。このように、ゴルファーの好みも多種多様であるため、ドライバー、アイアン、パターのゴルフクラブにも多種多様な性能が求められる。例えば、ゴルフボールの弾道制御、ゴルフボールの飛距離、打撃時の打感や打音等の性能である。

【0003】そこで、まず、このゴルフクラブの要求性能について検討することとし、開発が盛んであるドライバー（特に、そのヘッド）を一例に取り上げて以下説明

する。従来、ドライバーにはパーシモン等の木製ヘッドが多く使用されていたが、木製ヘッドは材料特性や採用できる形状が限定的で設計自由度が小さかった。このため、多様な性能に十分応えられるものではなかった。そこで、最近では、より設計自由度の大きなメタルヘッドがゴルフクラブに多用されるようになった。メタルヘッドには、ステンレス製、アルミニウム合金製等種々あるが、特に、チタン合金製メタルヘッドの開発が最近盛んである。なお、ここで述べる「メタルヘッド」は、ヘッド全体のみならず、ヘッドの一部（フェース部等）がメタル製であるものも含むことを予め断っておく（以下、同様である。）。

【0004】チタン合金製メタルヘッドの開発が特に盛んな理由は、高級感、耐食性等の他にチタン合金の比強度が大きいことが主たる理由であると考えられる。特に、比強度が大きいことを利用して中空ヘッドにすれば、一層の軽量化を図れ、非力な女性ゴルファーでもスイングが容易になる。また、ヘッドの慣性モーメント、ヘッド容積、フェース面積等の設計自由度が増す。例えば、軽量化を図りつつフェース面積を拡大すると、ゴルフボールをスイートスポットで打撃し易くなり、弾道制御性等も良好になるといわれている。このように、比強度の観点からチタン合金製メタルヘッドが非常に好まれている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ゴルフクラブには大きな飛距離が求められる。ゴルフクラブと飛距離との関係については種々の説があるが、ヘッドを適度な低剛性にするると飛距離が伸びると、いわれている（その理由は後述する。）。しかるに、従来のチタン合金製ゴルフクラブ（特に、そのヘッド）は、その比強度に主眼がおかれており、低剛性化（低ヤング率化）との両立はされておらず、必ずしも好ましいものであったとはいえない。

【0006】チタン合金に限らないが、金属材料の強度とヤング率との間には相関関係があり、例えば、高（比）強度の材料は高ヤング率であり、低（比）強度の材料は低ヤング率である、と一般的にいわれている。この一般則に従う限り、従来のチタン合金を用いてゴルフクラブの高強度と低剛性との両立を図ることは非常に困難であり、多様な要求性能に応えられるゴルフクラブを提供することはできない。また、本発明者が調査した限りにおいて、高強度と低剛性との両立を十分に図ったチタン合金製ゴルフクラブは本出願前に存在しておらず、従来のゴルフクラブは、チタン合金の比強度を利用しただけの狭い範囲で開発がなされていたに過ぎなかった。このようにゴルフクラブの設計上、足かせとなり、設計自由度を狭める大きな要因は、ゴルフクラブに使用されるチタン合金の特性にあることは明らかである。

【0007】そこで、本発明者は、ゴルフクラブの要求性能を向上させる上で必要となる高（比）強度・低剛性

のチタン合金材料を全く新規に開発することが、ゴルフクラブの設計自由度を拡大し、多様な要求性能に応え得るゴルフクラブを提供する上で不可欠であると考えた。そして、先ず、ゴルフクラブの要求性能を明確にすることから始めた。特に、比強度以外に必要とされるその低剛性を中心に、一般的な飛び性能と感性能との観点からゴルフクラブについて詳細に検討することとした。

【0008】(1) 飛び性能

①飛び性能には、ゴルフボールの弾道制御性や飛距離があるが、ここでは、低剛性化による影響を客観的に評価する上で妥当と思われる飛距離に着目することとした。ゴルフボールの飛距離は、打撃時のヘッドスピード、ゴルフボールのスピンの量、ゴルフボールとフェース部との間の反発特性等の種々の要因により決定される。しかし、ヘッドスピードやスピン量はゴルファーの力量やゴルフボールの性能等に依るところが大きいので、ここでは、反発特性に着目して、ゴルフクラブの低剛性化の影響を検討することとした。なお、反発係数 $=$ (打撃直後のゴルフボールの初速度) \div (打撃直前のヘッドスピード)で一般的に評価されている。

【0009】②この反発特性に関してこれまで種々の理論が考えられ、研究開発が進められてきた。代表的な理論には、モーダル理論や最新モーダル理論(インピーダンスマッチング理論)等がある。また、それらの理論を利用したと思われるゴルフクラブに関する出願も多数されている。例えば、特公平7-98077号公報、特公*

$$f = (k/m)^{1/2} / 2\pi$$

と導かれる。このばね定数 k は、ヤング率の影響を受けることは勿論だが、それ以外に、ゴルフクラブ(例えば、フェース部)の形状等の影響も受ける。つまり、同一のヤング率でも仮にその形状が変化すれば、数式1の質量 m が変化し、固有振動数 f が変化することになる。そこで、ゴルフクラブの開発に際し、この固有振動数 f に影響を与える要因を明確にする必要があると考え、簡易なヘッドモデル(図1)を導入してその要因を検討することとした。

【0012】④このヘッドモデルは、ヘッドを有底円筒状とし、その一底部をヘッドのフェース部と仮定し、フェース部はその外周で筒部と一体化されているものとする。ゴルフボールの打接により、そのフェース部の中心に荷重 P が作用するとすれば、材料力学を用いて、外径 ϕd 、肉厚 h の周辺固定円板の撓み δ は、

$$f = \alpha_2 \cdot (E/\rho)^{1/2} \cdot (h/S) \quad (\text{数式2})$$

を得る。従って、固有振動数 f は、比ヤング率 E/ρ ($(E/\rho)^{1/2}$)と形状係数 h/S に比例することが解った。

【0013】⑤そこで、先ず、数式2の比ヤング率 E/ρ から検討した。本来、比ヤング率 E/ρ は材料毎に固有の値をもつものであるが、図4からも解るように、マグネシウム(Mg)合金、アルミニウム(Al)合金、

*平5-33071号公報、国際公開WO98/46312号公報(特願平10-543736号)である。以下、これらの公報の記載を参考にしつつ具体的に説明する。前者の公報(特公平7-98077号公報)では、ヘッドスピードを 40 m/s としたときのゴルフボールとフェース部との接触時間 (τ) が約 $600\mu\text{s}$ となることを実験的に確認し、その接触時間 τ が半周期($T/2$)となる固有振動数 f ($=1/T=1/2\tau$)をヘッドがもつように設定することを提案している。計算結果として、その固有振動数 f は約 830 Hz になることが記載されている。

【0010】また、後者の公報(国際公開WO98/46312号公報)では、ヘッド、特にフェース部の(一次)固有振動数 f をゴルフボールの(一次)固有振動数に略一致させることを提案している。ゴルフボールの種類にも依るが、一般的なゴルフボールの固有振動数は $f=600\sim 1600\text{ Hz}$ であり、実施例ではヘッドの固有振動数を 1290 Hz 以下としている。両者は理論構成を異にするものの、従来、 2000 Hz 前後であったヘッドの固有振動数を 1000 Hz 近傍まで低減させることにより、反発係数が増しゴルフボールの飛距離が伸びる、としている点で共通しており、反発特性と固有振動数 f とに深い相関があると考えられた。そこで、次にヘッドの固有振動数 f に着目することにした。

【0011】③この固有振動数 f は、理論上、ばね定数 k と質量 m とを用いて、

$$(\text{数式1})$$

$$\delta = Pd^2 / 64\pi D$$

と導かれる。 D は板の曲げ剛性で、

$$D = Eh^3 / 12(1-\nu^2) \quad (E: \text{ヤング率}, \nu: \text{ポアソン比})$$

である。そして、この2式からばね定数 k は、

$$k = P/\delta = 16\pi Eh^3 / 3(1-\nu^2)d^2$$

と導かれ、これをフェース部の面積 $S = \pi d^2 / 4$ と質量 $m = \rho Sh$ (ρ :密度)とを用いて変形し、比例定数 α_1 を用いると、

$$k/m = \{4\pi^2 / 3(1-\nu^2)\} \cdot (E/\rho) \cdot (h/S)^2$$

$$= \alpha_1 \cdot (E/\rho) \cdot (h/S)^2$$

となり、さらにこの式を数式1に代入し比例定数 α_2 を用いて表すと、

$$(\text{数式2})$$

従来のチタン(Ti)合金、鋼のいずれの比ヤング率 E/ρ も、 $(E/\rho)^{1/2} = 4.8 \sim 5.2$ 程度で大差がなかった。これから従来のいずれの金属材料も、材料面から固有振動数 f の低減を図ることができなかったことに納得がいく。従って、材料面から固有振動数 f の低減を図るには、従来の金属材料にない比ヤング率 E/ρ を達成する必要があることが明らかとなった。

【0014】⑥次に、形状係数 h/S を検討した。数式 2 から固有振動数 f を低減させるには、肉厚 h を薄くし、フェース部の面積 S を増加させると良いことになるが、フェース部をこのような形状にすることは、次の理*

$$\sigma = \alpha_3 \cdot 1/h^2$$

と表される。これから、肉厚 h を薄くすると急激に応力 σ が増加するので、ヘッドの強度を確保する上で、肉厚 h の低減にも限度ある。一方、面積 S を増加させることも考えられるが、ゴルフクラブの重量バランス、意匠性、スイング時の空気抵抗等を考えると、面積 S を増加させることにも限界がある。従って、従来と同等以上に薄い肉厚 h を確保するために、強度的にも十分なチタン合金材料が必要となることが明らかとなった。

【0015】⑦以上、図 1 のヘッドモデルを基に検討してきたが、実際のヘッドと比較すれば、形状、荷重条件、拘束条件等が異なることはいうまでもない。従って、予め断っておくが、上述した各数式や係数等に拘泥して完全に考えられるものではない。但し、飛距離等のゴルフクラブの性能を評価する指標として、比ヤング率 E/ρ を用いることが有効であることは、十分に示されていると考えられる。これらのことは、次の感性能についても同様である。

【0016】(2) 感性能

感性能として、ゴルフボールの打感および打音に着目した。これらはゴルファーの好みやゴルフボールの性能に依るところも大きく、必ずしもゴルフクラブの客観的な評価指標となり得るものではないが、多様な要求性能に応え得るゴルフクラブを提供する上で無視できない。そこで、一般的な見解を基にこれらの性能について検討してみた。

【0017】①打感

打感は、ゴルフボールの打撃時に適度な柔らかさをもち、大きな衝撃がグリップから伝達されない方が良くいわれている。このため、打撃時にフェース部が適度に撓むことが好ましいと考えた。このフェース部の撓み δ は前述の数式から比例定数 α_3 を用いて、

$$\delta = \alpha_3 \cdot (1/E) \cdot (1/h^2) \cdot (S/h)$$

と容易に導かれる。これから、打感を向上させるためには、ヤング率 E 、肉厚 h を低減し、面積 S を増加させると良いことになり、基本的に前述の固有振動数 f の低減と共通する。但し、固有振動数 f の低減と異なり、ここでは比ヤング率 E/ρ よりヤング率 E が直接撓み δ に影響している点が異なる。従って、ヤング率 E の低減だけでも、打感の向上には有効であることが明らかとなった。また、付加的ながら、フェース部の撓み δ が適度に大きくなると、ゴルフボールの制御性も増すとも考えられる。

【0018】②打音

打音は、飛距離が伸びたように感じられる、適度なクリック音が好ましいといわれている。打音が低音量若しく

* 由により容易ではない。フェース部に作用する応力 σ を図 1 のヘッドモデルを用いて求めると、比例定数 α_3 を用いて、

(数式 3)

は低音(低周波数)になると、鈍い感じがして飛距離が短いと感じられる。逆に、打音が大音量若しくは高音(高周波数)になると、ゴルファーに不快感を与える。従って、打音の観点からも、ヘッド全体としての外殻構造、その撓み、固有振動数等を適度に調整できると好ましいことも明らかである。

【0019】(3) その他

本発明者が調査したところ、低ヤング率のチタン合金をゴルフクラブに用いることによりゴルフボールの飛距離を伸せるとした出願も多数あった。例えば、特開平 5-111554 号公報、特開平 6-240390 号公報、特開平 8-143012 号公報、特開 10 平-155942 号公報等にその開示がされている。しかし、これらのゴルフクラブに利用されているチタン合金は、いずれも未だヤング率が 80 GPa 以上であり、従来の β 型チタン合金と大差がない。従って、このようなチタン合金製のゴルフクラブ若しくはゴルフクラブヘッドでは、さほど性能の向上が望めないと考えられる。また、そのような材料を使用する限り、ゴルフクラブの設計自由度は狭いものとなってしまふ。

【0020】本発明は、このような事情に鑑みて為されたものある。つまり、従来になく低剛性で高強度なチタン合金を用いることにより、多様な要求に応えられる設計自由度の大きなゴルフクラブを提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】そこで本発明者は、この課題を解決すべく鋭意研究し、各種系統的实验を重ねた結果、強度の低下を招くことなくヤング率(平均ヤング率)を一層低減させることができる、ゴルフクラブに適したチタン合金を開発・発見した。そして、このチタン合金をゴルフクラブに応用して、多様な要求に応えられる設計自由度の大きなゴルフクラブを開発するに至ったものである。

【0022】すなわち、本発明のゴルフクラブは、ゴルフボールが打接するフェース部を備えるヘッドと、該ヘッドの一端部から延出し他端部にグリップ部を備えるシャフトとからなるゴルフクラブにおいて、前記ヘッドおよび/または前記シャフトは、平均ヤング率が 75 GPa 以下で引張弾性限強度が 700 MPa 以上のチタン合金からなるチタン合金部をもつことを特徴とする。

【0023】本発明のゴルフクラブは、引張弾性限強度が 700 MPa 以上という、高(弾性)強度を確保しつつ、平均ヤング率が 75 GPa 以下という低ヤング率であるチタン合金からなるチタン合金部をもつことによ

り、その要求性能に応じて、強度面からの設計自由度のみならず、剛性面からの設計自由度も拡大させることができた。従って、従来と同様にゴルフクラブの軽量化、ヘッド容積の増大、フェース部面積の拡大等を図ることができるのは勿論のこと、ゴルフボールの飛距離の増大、打感や打音の向上等も図れる。しかも、それらを高次元でバランスさせることも可能であるため、著しく性能の向上したゴルフクラブを得ることもできる。

【0024】引張弾性限強度が700MPa未満だと、強度確保のために重量増加等を招き、ゴルフクラブの設計自由度が制限されるので好ましくない。また、平均ヤング率が75GPaを越えると、低剛性化を図り難くなり、ゴルフクラブの設計自由度が制限されるので好ましくない。なお、平均ヤング率は、順に、70GPa以下、65GPa以下、60GPa以下および55GPa以下となるほど、好ましく、引張弾性限強度は、順に、750MPa以上、800MPa以上、850MPa以上、900MPa以上となるほど好ましい。

【0025】ここで、「引張弾性限強度」とは、試験片への荷重の負荷と除荷とを徐々に繰り返して行う引張試験において、永久伸び（歪み）が0.2%に到達したときの負荷していた応力を言う。この点、前記引張試験において、試験片の最終的な破断直前の荷重を、その試験片の平行部における試験前の断面積で除して求められる引張強度とは異なる。また、「平均ヤング率」とは、厳密な意味でのヤング率の「平均」を指すものではなく、本発明で使用したチタン合金を代表するヤング率という意味である。具体的には、前記引張試験により得られた応力（荷重）－歪み（伸び）線図において、引張弾性限強度の1/2に相当する応力位置での曲線の傾き（接線の傾き）を、平均ヤング率とした。「引張弾性限強度」と「平均ヤング率」との詳細は、別途、後述する。なお、本明細書中で「低ヤング率」とは、前記平均ヤング率が、従来の一般的なヤング率に対して小さいことを意味し、「高強度」とは、前記引張弾性限強度または前記引張強度が大きいことを意味する。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に、ゴルフクラブの実施形態を挙げて、本発明を詳しく説明する。

（1）平均ヤング率と引張弾性限強度

本発明のチタン合金部の平均ヤング率と引張弾性限強度とについて、以下に図2A、Bを用いて詳述する。図2Aは、本発明で使用したチタン合金の応力－歪み線図を模式的に示した図であり、図2Bは、従来のチタン合金（Ti-6Al-4V合金）の応力－歪み線図を模式的に示した図である。

【0027】①図2Bに示すように、従来の金属材料では、まず、引張応力の増加に比例して伸びが直線的に増加する（①'－①間）。そして、その直線の傾きによって従来の金属材料のヤング率は求められる。換言すれ

ば、そのヤング率は、引張応力（公称応力）をそれと比例関係にある歪み（公称歪み）で除した値となる。このように応力と歪みとが比例関係にある直線域（①'－①間）では、変形が弾性的であり、例えば、応力を除荷すれば、試験片の変形である伸びは0に戻る。しかし、さらにその直線域を超えて引張応力を加えると、従来の金属材料は塑性変形を始め、応力を除荷しても、試験片の伸びは0に戻らず、永久伸びを生じる。

【0028】通常、永久伸びが0.2%となる応力 σ_p を0.2%耐力と称している（JIS Z 2241）。この0.2%耐力は、応力－歪み線図上で、弾性変形域の直線（①'－①：立ち上がり部の接線）を0.2%歪み分だけ平行移動した直線（②'－②）と応力－歪み曲線との交点（位置②）における応力でもある。従来の金属材料の場合、通常、「伸びが0.2%程度を超えると、永久伸びになる」という経験則に基づき、0.2%耐力 \approx 引張弾性限強度と考えられている。逆に、この0.2%耐力内であれば、応力と歪みとの関係は概ね直線的または弾性的であると考えられる。

【0029】②ところが、図2Aの応力－歪み線図からも解るように、このような従来の概念は、本発明のチタン合金部に使用したチタン合金には当てはまらない。理由は定かではないが、本発明で使用したチタン合金の場合、弾性変形域において応力－歪み線図が直線とはならず、上に凸な曲線（①'－②）となり、除荷すると同曲線①－①'に沿って伸びが0に戻ったり、②－②'に沿って永久伸びを生じたりする。このように、本発明で使用したチタン合金では、弾性変形域（①'－①）ですら、応力と歪みとが直線的な関係になく、応力が増加すれば、急激に歪みが増加する。また、除荷した場合も同様であり、応力と歪みとが直線的な関係になく、応力が減少すれば、急激に歪みが減少する。つまり、本発明で使用したチタン合金は、優れた高弾性変形能を有するものであることが解る。

【0030】ところで、本発明で使用したチタン合金の場合、図2Aからも解るように、応力が増加するほど応力－歪み線図上の接線の傾きが減少している。このように、弾性変形域において、応力と歪みとが直線的に変化しないため、従来の方法で本発明で使用したチタン合金のヤング率を定義することは適切ではない。また、本発明で使用したチタン合金の場合、応力と歪みとが直線的に変化しないため、従来と同様の方法で0.2%耐力（ σ_p ） \approx 引張弾性限強度と評価することも適切ではない。つまり、従来の方法により求まる0.2%耐力では、本来の引張弾性限強度よりも著しく小さい値となってしまう、もはや、0.2%耐力 \approx 引張弾性限強度と考えることはできない。

【0031】そこで、本来の定義に戻って、本発明で使用したチタン合金の引張弾性限強度（ σ_e ）を前述したように求めることとし（図2A中の②位置）、また、本

発明で使用したチタン合金のヤング率として、前述の平均ヤング率を導入することとした。なお、図 2 A および図 2 B 中、 σ_t は引張強度であり、 ϵ_e は本発明で使用したチタン合金の引張弾性限強度 (σ_e) における歪みであり、 ϵ_p は従来の金属材料の 0.2% 耐力 (σ_p) における歪みである。

【0032】 (2) チタン合金部の組成

①本発明のゴルフクラブは、全体を 100 質量%とした場合に、チタン合金部が 30~60 質量%の V a 族 (バナジウム族) 元素を含有し、残部が実質的にチタン (T i) からなると、好適である。V a 族の元素を 30~60 質量%含有することにより、比強度の低下をもたらすことなくチタン合金部の低ヤング率化を図ることができた。V a 族 (バナジウム族) の元素の含有量が 30 質量%未満では所望の低ヤング率を得ることができず、一方、それが 60 質量%を越えると、チタン合金部の密度が大きくなり、チタン合金部の比強度の低下を招く。また、60 質量%を越えると、含有元素の原子量の相違による材料偏析が生じ易くなる。なお、特に断らない限り、質量%は合金全体の組成を 100 質量%としたときの値であり、「x~y 質量%」と言うときは、その下限 (x) および上限 (y) を含む (以下、同様)。

【0033】 V a 族 (バナジウム族) にはバナジウム (V) の他、ニオブ (N b)、タンタル (T a) があり、いずれも β 相安定化元素である。但し、チタン合金部が β 型合金に限られるということではない。この V a 族元素の含有により、低ヤング率化と共に、従来の α 型合金や $\alpha + \beta$ 型合金等に比べて冷間加工性を著しく向上させることができた。従って、冷間プレス成形等でゴルフクラブのヘッド等を製作する際に非常に有効である。なお、本発明のチタン合金部の密度の増加を抑えて、比強度の低下を招かないようにするには、V a 族元素の含有量を、30~50 質量%とするとより好ましい。

【0034】 ②本発明のゴルフクラブは、チタン合金部が、さらに、全体を 100 質量%とした場合に、ジルコニウム (Z r) とハフニウム (H f) とスカンジウム (S c) とからなる金属元素群中の 1 種以上の元素を合計で 20 質量%以下含有し、平均ヤング率が 75 G P a 以下であると、好適である。ジルコニウムとハフニウムとは、チタン合金の低ヤング率化と高強度化に有効である。また、これらの元素は、チタンと同族 (I V a 族) 元素であり、全率固溶型の中性的元素であるため、V a 族元素によるチタン合金の低ヤング率化を妨げることもない。

【0035】 また、スカンジウムは、チタンに固溶した場合、V a 族元素と共にチタン原子間の結合エネルギーを特異的に低下させ、さらなる低ヤング率化を図るのに有効な元素である (参考資料: P r o c . 9 t h W o r l d C o n f . o n T i t a n i u m , (1999)、t o b e p u b l i s h e d)。それらの元

素が合計で 20 質量%を越えると、材料偏析による強度、靱性の低下やコスト上昇を招くため、好ましくない。ヤング率、強度、靱性等のバランスを図る上で、それらの元素が合計で、1 質量%以上、さらには、5~15 質量%であると、より好ましい。

【0036】 また、これらの元素は、V a 族元素と作用上、共通する部分が多いため、所定の範囲内で、V a 族元素と置換することもできる。例えば、本発明のチタン合金部が、合計で 20 重量%以下のジルコニウム (Z r) とハフニウム (H f) とスカンジウム (S c) とからなる金属元素群中の 1 種以上の元素と、該金属元素群中の 1 種以上の元素との合計が 30~60 重量%となる V a 族 (バナジウム族) 元素と、残部が実質的にチタンとからなるようにすることもできる。

【0037】 また、ジルコニウム (Z r) および/またはハフニウム (H f) を 1~10 質量%含有し平均ヤング率が 75 G P a 以下となるようにしても良い。前述したのと同様に、ジルコニウムおよび/またはハフニウムを 1~10 質量%含有することにより、引張弾性限強度を低下させることなく、平均ヤング率が 75 G P a 以下という、さらなる低ヤング率を達成できる。従って、ゴルフクラブのヘッド等の固有振動数 f を調整できる幅が一層広がり好都合である。

【0038】 なお、含有量は、ジルコニウム単体、ハフニウム単体若しくはジルコニウムとハフニウムの複合の何れの場合でも、1~10 質量%であると好適である。何れも 1 質量%未満では、固溶化作用が十分でなく、所望の低ヤング率が得られない。一方、10 質量%を越えると、全体の密度が増加し比強度の点から好ましくない。また、材料偏析が生じ易くなり、強度、靱性の低下を招きかねない。そして、低ヤング率、強度等の観点から、それらを 5~10 質量%とすると一層好ましい。

【0039】 ③本発明のゴルフクラブは、さらにチタン合金部が、1~20 質量%のモリブデン (M o) と 1~20 質量%の鉄 (F e) と 1~20 質量%の錫 (S n) と 0.1~3 質量%のアルミニウム (A l) とからなる金属群のうちから 1 種類以上の元素を含むと好適である。モリブデンは、チタン合金部の室温強度、熱間加工性を向上させるのに有効な元素である。

【0040】 室温域で使用されるゴルフクラブにとり、室温強度が大きいことは非常に有意義である。モリブデンが 1 質量%未満では十分な固溶強化作用が得られず、室温強度の向上が図れない。また、モリブデンが 20 質量%を越えると、材料偏析が生じ易くなり、均質な材料を得ることが困難になり、強度や延性の低下を招きかねない。なお、モリブデンを 4~15 質量%、室温強度を一層向上させることができ好ましい。

【0041】 また、モリブデンの代わりに、またはモリブデンと共に 1~20 質量%の鉄を含有してもよい。鉄も、チタン合金部の室温強度の向上に有効な元素であ

る。鉄が1質量%未満では十分な固溶強化作用が得られず、室温強度の向上が望めない。鉄が20質量%を越えると、材料偏析が生じ易くなり、均質な材料を得ることができず、強度や延性の低下を招く。なお、鉄を3～15質量%とすると、室温強度を一層向上させることができて好ましい。

【0042】また、モリブデンや鉄の代わりに、またはモリブデンや鉄と共に1～20質量%の錫(Sn)を含有すると好適である。錫はα安定化元素であるが、本発明のチタン合金部の強度向上に有効な元素である。錫が1質量%未満では強度の向上が望めず、20質量%を越えると、チタン合金部の延性が低下する。なお、低ヤング率と共に安定した強度を得るには、錫の含有量を質量%で4～15%とするとより好ましい。

【0043】また、モリブデンや鉄や錫の代わりに、またはモリブデンや鉄や錫と共に0.1～3質量%のアルミニウムを含有すると好適である。アルミニウムも、モリブデン等と同様、チタン合金部の室温強度を向上させるのに有効な元素である。特に、アルミニウムを錫と共に含有すると、チタン合金部は、靱性を害されずに引張弾性限強度の向上を図ることができる。アルミニウムが0.1質量%未満では十分な固溶強化作用が得られず、室温強度の向上が望めない。また、3質量%を越えると、チタン合金部の延性が低下する。なお、室温強度を一層向上させるために、アルミニウムを0.5～2質量%含むとより好ましい。

【0044】④本発明のゴルフクラブは、さらに、全体を100質量%とした場合に、チタン合金部が0.08～0.6質量%の酸素(O)を含有すると、好適である。酸素は、チタン合金部の強度向上に有効な元素である。特に、V族の元素との共存により、チタン合金部を高強度、低ヤング率とすることができるので、設計自由度の大きなゴルフクラブを得る上で非常に有効である。但し、酸素の含有量を0.08質量%未満とすると、強度の向上が図れず、0.6質量%を越えると、平均ヤング率が上昇し、伸びの低下をもたらすため好ましくない。また、0.6質量%を越えると、延性が低下し、圧延等の冷間加工性も低下する。望ましくは、酸素を0.15～0.5質量%含有すると良い。

【0045】また、チタン合金部は、全体を100質量%とした場合に、0.05～1.0質量%の炭素(C)を含むと、好適である。炭素も酸素と同様に、侵入型の固溶強化元素であり、チタン合金のα相を安定にし、強度を向上させる上で有効な元素である。炭素が0.05質量%未満では、チタン合金の強度向上を十分に図れず、1.0質量%を超えると、チタン合金の脆化を招き好ましくない。強度と延性とのバランスを図る上で、炭素を0.1～0.8質量%とすると、より好ましい。

【0046】⑤本発明のゴルフクラブは、さらに、全体を100質量%とした場合に、チタン合金部が、0.0

1～1.0質量%のホウ素(B)を含むと、好適である。ホウ素は、チタン合金の機械的な材料特性と熱間加工性とを向上させる上で有効な元素である。ホウ素は、チタン合金に殆ど固溶せず、そのほぼ全量がチタン化合物粒子(TiB粒子等)として析出する。この析出粒子が、チタン合金の結晶粒成長を著しく抑制して、チタン合金の組織を微細に維持するからである。ホウ素が0.01質量%未満では、その効果が十分ではなく、1.0質量%を超えると、高剛性の析出粒子が増えることにより、チタン合金部の全体的な平均ヤング率の上昇と冷間加工性の低下を招いてしまう。一方、組織の微細化、低ヤング率、冷間加工性等を両立すべく、ホウ素を0.01～0.5質量%とすると、一層好ましい。

【0047】なお、上述した各組成元素は、所定の範囲内で、任意に組合わせることができ、また、本発明のゴルフクラブの趣旨を逸脱しない範囲内で、さらに別の元素を配合してチタン合金部を形成することもできる。

【0048】(3)チタン合金部の組織

①本発明のゴルフクラブは、チタン合金部が、50%以上の冷間加工組織を有し平均ヤング率が65GPa以下で引張弾性限強度が800MPa以上であると、好適である。チタン合金部が冷間加工組織をもつことにより、低ヤング率化と高強度化を高次元で両立できる。特に、ゴルフクラブの構成部材を冷間プレス加工して製作するような場合には非常に好都合である。

【0049】冷間加工組織とは、チタン合金部を冷間加工したときに得られる組織であり、「冷間」とは、チタン合金の再結晶温度(再結晶を起す最低の温度)以下を指す。50%以上の冷間加工組織とは、次式により定義される冷間加工率が50%以上の場合にできる冷間加工組織をいう。

$$\text{冷間加工率} = (S_0 - S) / S_0 \times 100 (\%)$$

(S_0 : 冷間加工前の断面積、 S : 冷間加工後の断面積)

このような、冷間加工組織を付与することにより、低ヤング率と高強度化を達成できる理由は、現在のところ必ずしも明らかではない。

【0050】この冷間加工には、例えば、冷間圧延、冷間プレス、冷間絞り、冷間線引き、冷間スケーリング加工等がある。また、冷間加工により先ず素材を製造してから(素材用冷間加工工程)、その素材を冷間プレスで製品に成形しても良いし(成形用冷間プレス工程)、両工程を一工程として行っても良い。また、素材(焼結体や熱間加工材)を直接、冷間プレス機にて冷間鍛造して所定の冷間加工等を付与しても良い。但し、高強度、低ヤング率を得るためには、かなりの冷間加工を加えることが好ましいので、素材用冷間加工工程でチタン合金部の組織を十分な冷間加工組織としておくことが好ましい。

【0051】②また、本発明のゴルフクラブは、焼結の

まま用いる場合にはチタン合金部が平均径 $50\mu\text{m}$ 以下の空孔を 30 体積%以下含む焼結組織であると、一層好適である。このような範囲内で空孔の量を調整することにより、本発明のチタン合金部の強度や延性に大きな影響を与えることなく、平均ヤング率の低減量を調整できる。冷間加工を行う場合には、平均径 $50\mu\text{m}$ 以下の空孔が 10 体積%以下となるように緻密化を行っておくと良い（緻密化工程）。この緻密化工程は、例えば、焼結後に熱間鍛造等を軽く行うようなものでも良い。

【0052】ここで、平均径が $50\mu\text{m}$ を越え、または、空孔が 30 体積%を越えると、チタン合金部の強度が低下し、冷間加工性等も悪化する。この空孔の平均径と体積%とを適宜調整することにより、高強度化、低ヤング率化を一層図ることができる。焼結組織は、例えば、金属粉末を静水圧 $200\sim 400\text{MPa}$ で CIP 成形（冷間静水圧成形）した後、 $1200\sim 1550^\circ\text{C}$ 、 $1.3\times 10^{-3}\text{MPa}$ の雰囲気中で $4\sim 16$ 時間焼結させることにより得られ、チタン粉末等の成形時に十分な緻密化を図れば、その後、別途緻密化工程を行う必要はない。

【0053】なお、空孔とは、構成組織内に残留する空隙を意味し、相対密度で評価される。相対密度とは、真密度 ρ_0 （残留空孔 0% の場合）で焼結体密度 ρ を割った値の百分率 $(\rho/\rho_0)\times 100$ （%）で表され、空孔の体積%は次数式で表される。

$$\text{空孔の体積\%} = \{1 - (\rho/\rho_0)\} \times 100 \text{ (\%)}$$

その平均径は、2次元画像処理で測定される空孔形状を、それと等しい面積をもつ等価円形状として評価し、それらの等価円形状から求まる径の平均値を空孔形状の平均径としたものである。

【0054】（4）チタン合金部の比ヤング率

本発明のゴルフクラブは、チタン合金部が、平均ヤング率を E （GPa）、密度を ρ （ $10^3\times\text{Kg}/\text{m}^3$ ）とするときに比ヤング率 E/ρ が 16 （ $\times 10^{-3}\text{GPa}\cdot\text{m}^3/\text{Kg}$ ）未満、または、 $(E/\rho)^{1/2}$ が 4 （ $\times 10^{-3}\text{GPa}\cdot\text{m}^3/\text{Kg}$ ） $^{1/2}$ 未満であると、好適である。前述したように、従来の材料ではこの比ヤング率 E/ρ がその種類によらず、ほぼ一定値であったため、材料面からヘッド部等の固有振動数 f を低減することは困難であった。ところが、本発明のゴルフクラブのチタン合金部では、この比ヤング率 E/ρ を従来の材料より著しく低い値とすることができた。つまり、チタン合金部の固有振動数 f の低減を材料面から達成でき、従来になく、ゴルフクラブの設計自由度を広げることができた。

【0055】一例として本発明のチタン合金部について比ヤング率 E/ρ を示すと、平均ヤング率 $E=53$ （MPa）で、密度 $\rho=5.836$ （ $10^3\times\text{Kg}/\text{m}^3$ ）であるので、比ヤング率 $E/\rho=9.1$ （ $\times 10^{-3}\text{GPa}\cdot\text{m}^3/\text{Kg}$ ）となる。これを、従来の他金属材料と比

較したグラフを図3に示す。図3では、数式2に合わせて、横軸を $(E/\rho)^{1/2}$ とした。この図3からも明らかのように、チタン合金部は著しく低い比ヤング率 E/ρ となっていることが解る。また、このチタン合金部の $(E/\rho)^{1/2}$ を、従来の $\alpha+\beta$ 型チタン合金やヤング率の最も低い β 型チタン合金と比較しても、それぞれ、約40%、約25%の低減となっている。これからも、比ヤング率 E/ρ を著しく低減できたことが解る。

【0056】なお、比ヤング率 E/ρ が 16 （ $\times 10^{-3}\text{GPa}\cdot\text{m}^3/\text{Kg}$ ）を越えると、チタン合金部の固有振動数 f 等の最適化が難しくなり、ゴルフクラブの設計自由度が制限されるので好ましくない。一方、ゴルフクラブの設計自由度をより拡大すべく、比ヤング率 E/ρ が 12 以下、言換えるなら、 $(E/\rho)^{1/2}$ が 3.5 以下（各単位は、同上）とすると、より好ましい。

【0057】（5）チタン合金部の形状

本発明のゴルフクラブは、本発明のチタン合金部が、前記フェース部の少なくとも一部を構成していると、好適である。前述した数式3から解るように、肉厚 h の低減は急激な応力の増加をもたらすと考えられるが、チタン合金部の引張弾性限強度は 700MPa 以上と高強度であるため、従来と同等以上に薄い肉厚 h とすることができ。従って、材料面からのみならず、形状面からも固有振動数 f の低減等が図れ、ゴルフクラブの設計自由度を一層拡張できた。

【0058】なお、「フェース部の少なくとも一部」としたのは、フェース部の全面にそのチタン合金部を使用したものでも良いし、スイートスポット部分のみにチタン合金部を使用したもの等でも良い。さらには、フェース部の表面のみにチタン合金部を固着したものでも良く、この場合、チタン合金部がヘッド強度を直接確保する必要がないので、チタン合金部を一層薄いものとすることができる。

【0059】（5）チタン合金部の用途

上述してきたように、本発明のゴルフクラブは、従来にない特徴をチタン合金部が備えるため、ゴルフクラブの設計自由度が拡大し、その多様な要求性能を達成できる。

【0060】①例えば、チタン合金部をヘッドに用いたゴルフクラブなら、ゴルフクラブのヘッド（外殻）全体をそのチタン合金部で構成しても良いし、フェース部のみをチタン合金部で構成しても良い。また、前述したようにスイートスポット等、フェース部の一領域のみをチタン合金部で構成しても良い。さらには、フェース部を複層構造としてその表層のみをチタン合金部で構成しても良い。このように、ヘッドをチタン合金部で構成したゴルフクラブは、従来になく飛距離、打感、打音等の性能を向上させることができる。なお、そのようなチタン合金部の表層に、種々のコーティング処理等を行っても良い。例えば、表面硬度を上げることにより、耐摩耗性

等を向上させることができる。具体的には、酸化、窒化処理などがある。

【0061】②さらに、シャフトの全体若しくは一部をそのチタン合金部で構成したゴルフクラブとしても良い。チタン合金部の高比強度と低ヤング率とにより、軽量で、良くしなるシャフトをもつゴルフクラブが得られる。ゴルフアーの好みにもよるが、強度を確保しつつ、シャフトの剛性を低減できると、ゴルフボールを打撃した時の衝撃が小さくなり、打感が向上するといわれている。また、たわみが大きくなると、シャフトに蓄えられる弾性エネルギーが大きくなり、打撃時、ゴルフボールにその弾性エネルギーを伝達し易い場合もある。また、ゴルフボールの弾道制御も容易になり得る。

【0062】③本発明のゴルフクラブには、ドライバーの他、アイアン、パターも当然含まれる。また、チタン合金部を用いる目的が、飛距離、打感、打音等の向上に限られるものでない。飛距離、打感、打音等は、本発明のゴルフクラブの設計自由度の大きさを示すための例示に過ぎない。このように、本発明のゴルフクラブは設計自由度が非常に大きいため、ゴルフアーの多様なレベルに応じることができる。

【0063】

【実施例】本発明のゴルフクラブについて、以下、具体的に説明する。本発明のゴルフクラブの一実施例であるドライバー1を図4に示す。このドライバー1は、前述のチタン合金部をヘッド100のフェース部110に設けたものである。そこで、先ず、このチタン合金部の種々の実施例について説明する。

【0064】(1) 第1実施例

①チタン合金部の製造

チタン合金部を以下のようにして製造した。原料粉末として、市販の水素化・脱水素チタン(Ti)粉末(一#325、一#100)、ニオブ(Nb)粉末(一#325)、タンタル(Ta)粉末(一#325)、ジルコニウム(Zr)粉末(一#325)を用意した。次に、これらの粉末を、Ti-30Nb-10Ta-5Zrの組成割合(表1)になるように配合し、この粉末を圧力4 t o n / c m²で加圧しつつCIP成形(冷間静水圧成形)により、φ50mm×100mmの成形体とした。

このときの含有酸素量はTi粉末に含まれる酸素量(O:0.1~0.5質量%)で調整をした(以下の実施例についても、同様である)。なお、表1では、残部であるTiを省略して示した。

【0065】次に、この成形体を1.3×10⁻³Paの真空中で1300℃×16時間加熱し、焼結させて焼結体とした。そして、この焼結体を950~1150℃の大気中で熱間鍛造して板厚15mmの原材とし、焼結体組織の緻密化を図った(緻密化工程)。こうして得た原材をさらに冷間加工して厚さt=4mmの板素材とした(素材用冷間加工工程)。このときの冷間加工率は73

%であった。なお、この冷間加工には冷間圧延機を用い、中間焼鈍なしで、0.5mmパスを22回通して、4mmの厚さの板素材を得た。

【0066】次に、この板素材を用いて、冷間加工(冷間プレス)によりフェース部110を得た(成形用冷間プレス工程)。なお、素材用冷間加工工程と成形用冷間プレス工程とを合わせて一工程とし、直接、冷間プレス機にて冷間鍛造を行なって、冷間加工率が50%以上となるようにしても良い。但し、前述したように、成形用冷間プレス工程前に、素材用冷間加工工程で十分な冷間加工(冷間加工率50%以上)を行っておくと、低ヤング率・高強度のチタン合金部を確実に得ることができるので、好ましい。また、冷間加工の程度(冷間加工率)を調整することで、平均ヤング率と引張弾性限強度とを調整することも可能となる。また、これらの工程を分けると、大きめの板材(素材)から一度の冷間プレス加工で多数のフェース部(チタン合金部)が得られるため、生産効率の向上も図れる。

【0067】②チタン合金部の測定

こうして得たチタン合金部の材料特性を、以下のように測定した。

(a) 平均ヤング率と引張弾性限強度

各供試材について、インストロン試験機を用いて引張試験を行い、荷重と伸びとを測定して、応力-歪み線図を求めた。インストロン試験機とは、インストロン(メーカ名)製の万能引張試験機であり、駆動方式は電気モータ制御式である。伸びは試験片の側面に貼り付けたひずみゲージの出力から測定した。平均ヤング率と引張弾性限強度とは、その応力-歪み線図に基づいて、前述した方法により求めた。このとき、平均ヤング率は53GPaと、低ヤング率であり、また、引張弾性限強度は936MPaと、高強度であった。

【0068】(b) 密度

密度は、アルキメデス法により求めたところ、5.836×10³kg/m³であった。

【0069】(c) 伸び

伸びは、破断伸びδを求めた。本実施例では、伸びが14%であった。なお、破断伸びδは、破断時の標点距離L_fと試験前の標点距離L₀とを用いて、δ=(L_f-L₀)/L₀×100(%)と表されるものであり、L_fは前述の応力-歪み線図に基づいて測定した。これらのチタン合金部の材料特性を、表1に併せて示す。

【0070】(2) 第2~15実施例

①第2~15実施例のチタン合金部を以下のようにして製造した。原料粉末として、前述したTi粉末、Nb粉末、Ta粉末およびZr粉末と、バナジウム(V)粉末(一#325)、ハフニウム(Hf)粉末(一#325)、モリブデン(Mo)粉末(一#325)、Fe-Nb粉末(一#325)、錫(Sn)粉末(一#325)、Al-V粉末(一#325)、スカンジウム(S

c) 粉末(−#325)、TiB₂粉末(−#325)およびTiC粉末(−#325)とを用意し、これらの粉末を適宜選択して、表1に示す種々の割合で配合した。それらの各混合粉末を用いて、第1実施例と同様に、成形、焼結、熱間鍛造、冷間加工等を行い、表1に示す種々の組成をもつチタン合金部からなるフェース部110を製作した。

【0071】②各々のチタン合金部の材料特性を第1実*

*施例と同様に測定し、それらの結果を表1に併せて示した。表1の材料特性からも解るように、本発明のチタン合金部は、冷間加工により低ヤング率、高強度(引張弾性限強度)が得られ、非常に優れた冷間加工性を備えるため、冷間プレス成形されるゴルフクラブ部材に利用すると最適である。

【0072】

【表1】

| 実施例 No. | 合金組成 (単位:質量%) | | | | | | | | | | | 平均 ヤング 率 (GPa) | 引張 弾性限 強度 (MPa) | 伸び (%) | 密度 (g/ cm ³) | 比ヤング率 (E/ρ) ^{1/2} (×10 ³ GPa· m ³ /Kg) ^{1/2} | 冷間 加工率 (%) |
|------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|------|-------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|---|------------------|
| | Nb | V | Ta | Zr | Hf | Mo | Fe | Sn | Al | Si | O | | | | | | |
| 1 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.28 | 53 | 936 | 14 | 5.836 | 3.01 | 73 |
| 2 | 35 | 10 | | | | | | | | | 0.35 | 61 | 985 | 10 | 5.888 | 3.22 | 85 |
| 3 | 17 | 5 | 10 | | 5 | | 4 | | | | 0.33 | 54 | 965 | 12 | 5.665 | 3.09 | 85 |
| 4 | 10 | 11 | 20 | | 5 | | 5 | 5 | 1.5 | | 0.30 | 63 | 1050 | 9 | 5.548 | 3.37 | 85 |
| 5 | 30 | 15 | 5 | 5 | 5 | | | | 1 | | 0.29 | 60 | 1085 | 13 | 6.133 | 3.13 | 85 |
| 6 | 30 | | 10 | 2 | | 5 | | | | | 0.39 | 59 | 1028 | 14 | 5.897 | 3.37 | 85 |
| 7 | 35 | | 5 | | | | | | | 3 | 0.27 | 57 | 929 | 11 | 5.591 | 3.19 | 75 |
| 8 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.22 | 68 | 927 | 8 | 5.748 | 3.46 | 75 |
| 9 | 35 | | 2 | 8 | | | | | | | 0.25 | 64 | 976 | 8 | 5.755 | 3.33 | 75 |
| 10 | 35 | | 10 | | | | | | | | 0.22 | 69 | 948 | 6 | 5.887 | 3.42 | 75 |
| 11 | 35 | | 10 | | | | | | | | 0.22 | 58 | 928 | 14 | 5.863 | 3.15 | 75 |
| 12 | 35 | | | 10 | | | | | | | 0.51 | 61 | 956 | 10 | 5.811 | 3.24 | 90 |
| 13 | 38 | | 2 | 2 | | | | | | | 0.37 | 58 | 988 | 14 | 5.675 | 3.17 | 90 |
| 14 | 30 | | 10 | 5 | | | | | | | 0.41 | 55 | 1121 | 12 | 5.726 | 3.10 | 90 |
| 15 | 40 | 6 | 4 | | | | | | | | 0.28 | 65 | 871 | 15 | 6.003 | 3.28 | 90 |

【0073】(ゴルフクラブ)

(1) ドライバー

ドライバー1は、図4に示すようにヘッド100とシャフト150とから基本的に構成される。以下、これらを分けて説明する。

①ヘッド

図5に示すように、ドライバーのヘッド100は、フェース部110と側底殻部120と上殻部130とシャフト取付用パイプ140との4部材から基本的に構成される。フェース部110以外の各部材は、同一材料Ti-4.5Fe-7Mo-1.5Al-1.5V(単位:質量%)で、冷間プレス加工により製作した。この材料

は、フェース部 110 との溶接性や、中空ヘッドの剛性、強度を考慮して決めた。本実施例では側底殻部 120 等の肉厚を 2.6 mm とした。そして、フェース部 110 と側底殻部 120 と上殻部 130 とシャフト取付用パイプ 140 との各部材の周辺接合部を溶接して、ヘッド 100 とした。溶接には、レーザー溶接を用いたが、電子ビーム溶接を用いても良い。なお、本実施例ではフェース部 110 とその他の部材との材質を異なったものとしたが、全部材をフェース部 110 (チタン合金部) と同材質で構成しても良い。

【0074】次に、これら 4 部材について形状等を詳細に説明する。

(a) フェース部

フェース部 110 は、打撃時にゴルフボールが打接する部分である。図 5 に示すように、このフェース部 110 は略楕円形の板状をしており、ほぼ均一な肉厚 h と面積 S とをもつ。このフェース部 110 の固有振動数 f を具体的に見積ると、次のようになる。つまり、面積 S 、肉厚 h を通常モデルの形状と同一とした場合、本発明のゴルフクラブによると、上記第 1 実施例の場合、 $(E/\rho)^{1/2} = 3.0$ となるから固有振動数 f は通常のゴルフクラブに較べて約 40% 低減となる

【0075】通常、チタン製フェースをもつドライバーの場合その固有振動数 f は 1300~1400 Hz、アイアンの場合その固有振動数 f は 1800~1900 Hz であると言われている。ここで、数式 2 の α_2 、 h/S を一定と考えて従来のフェースを本発明のチタン合金部で置換した場合を考えると、ドライバーの固有振動数 f は 780~840 Hz、アイアンの固有振動数 f は 1080~1140 Hz となる。

【0076】一方、通常のゴルフボールの固有振動数 f は 600~1600 Hz である。これより、本発明のゴルフクラブは、その固有振動数 f をゴルフボールの固有振動数 f とほぼ等しくできるか若しくは著しく近づけることができることが解る。従って、本発明によれば、ゴルフボールの飛距離や打感、打音等の著しい向上を図れる、設計自由度の大きなゴルフクラブを提供できる。

【0077】本実施例では肉厚 h を略一定として考えたが、例えば、図 6 (図 5 中の A-A 断面) に示すように、フェース部を周辺から中央にかけて薄肉 (凹レンズ状) とし、この薄肉部分がスイートスポット (図 5 中の 2 点鎖線) となるようにしても良い。この場合は、前述のチタン合金部の面積 S および肉厚 h をこのスイートスポットの面積 S およびその最薄肉部の肉厚 h で代用して比ヤング率 E/ρ 、形状係数 h/S 、固有振動数 f を見積ると良い。このように、スイートスポット部分の固有振動数 f を、例えば、ゴルフボールの固有振動数に一致させることによりゴルフボールの飛距離等の向上を図っても良い。また、フェース部 110 の表面には、横方向に延びる浅溝 111 を適宜設けると良い。これにより、

フェース部 110 の固有振動数 f やスイートスポットの固有振動数 f を適宜、微調整することができる。また、意匠性も向上する。

【0078】(b) 側底殻部

側底殻部 120 は、ヘッド 100 の底部 (ソール部) と周側部とを形成するものであり、略有底半円筒状をしている。また、その周側部の一部にはシャフト取付用パイプ 140 を保持するための凹部 121 が設けてある。

【0079】(c) 上殻部

10 上殻部 130 は、滑らかな湾曲面をもつた蓋状部材である。その端部には、シャフト取付用パイプ 140 を保持するために、側底殻部 120 の凹部 121 に対応した凹部 131 が設けてある。

【0080】(d) シャフト取付用パイプ

シャフト取付用パイプ 140 は、ゴルフクラブのシャフト 150 をヘッド 100 に取付けるためのパイプ状部材である。その下端は側底殻部 120 のソール上面 129 に溶接され、その周側部は側底殻部 120 の凹部 121 と上殻部 130 の凹部 131 とに溶接される。上端開口 141 には、後述のシャフト 150 の取付部 151 が嵌入される。

【0081】②シャフト

シャフト 150 は、カーボン繊維製の細長い中空棒である。その上端には、ゴルファーが把持するためのグリップ部 159 (図 4) が設けてあり、下端には前述の取付部 151 が形成されている。グリップ部 159 には、ゴルファーが把持し易いようにすると共に打撃時の衝撃を和らげるためのクッション材 158 が巻かれている。一方、取付部 151 は、シャフト 150 本体よりも細径となっており、その長さはシャフト取付用パイプ 140 の長さの略一致する。そして、シャフト取付用パイプ 140 の上端開口へ嵌入された取付部 151 の当接部 (取付部 151 の段差部) 周辺 152 を溶接して、ドライバー 1 が完成する。

【0082】(2) アイアン

第 1 実施例のドライバー 1 をアイアン 2 に変更した実施例を図 7 に示す。本実施例では、前述のチタン合金部と同質のチタン合金部を環状の本体 200 の周辺に溶接することによりフェース部 210 を構成し、アイアン 2 としたものである。その他の構成は前述のドライバー 1 と基本的に同様である。なお、本体 200 は、環状でなく断面コの字状でも良く、この場合、チタン合金部をその本体 200 のフェース部表面に接着すると良い。

【0083】

【発明の効果】本発明のゴルフクラブは、高強度で低剛性のチタン合金部を備えるので、従来になく設計自由度が広がり、多様な要求性能に応えることができる。

【図面の簡単な説明】

50 【図 1】ゴルフクラブの要求性能を検討するためのヘッドモデルを概略的に示した図である。

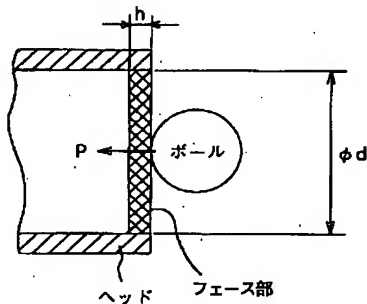
【図2】本発明に係る平均ヤング率と引張弾性限度との説明図であり、図2Aは、本発明に係るチタン合金の応力-歪み線図を模式的に示した図であり、図2Bは、従来のチタン合金の応力-歪み線図を模式的に示した図である。

【図3】各種金属材料の比ヤング率 (E/ρ) $1/2$ を比較した図である。

【図4】本発明の第1実施例であるドライバーを示す図である。

【図5】本発明の第1実施例であるドライバーのヘッドを示す図である。

【図1】



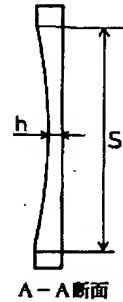
【図6】本発明の第1実施例であるドライバーのフェース部の変形例を示す図である。

【図7】本発明の第1実施例の変形例であるアイアンを示す図である。

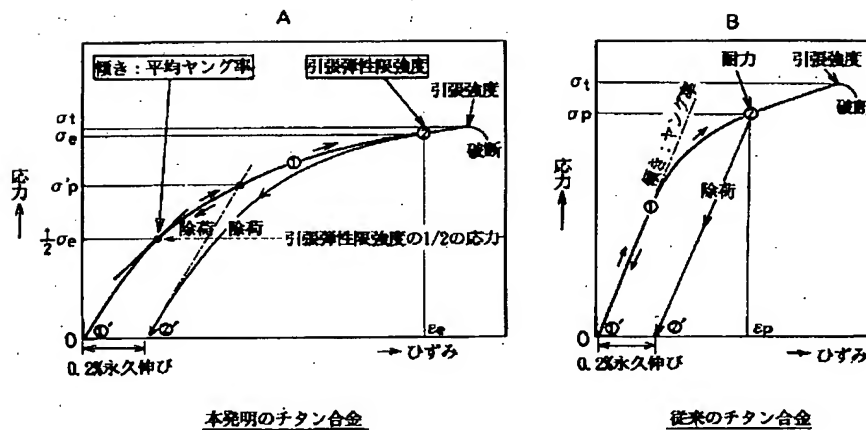
【符号の説明】

| | |
|--------|----------------|
| 1 | ドライバー (ゴルフクラブ) |
| 100 | ヘッド |
| 110 | フェース部 (チタン合金部) |
| 150 | シャフト |
| 10 159 | グリップ部 |

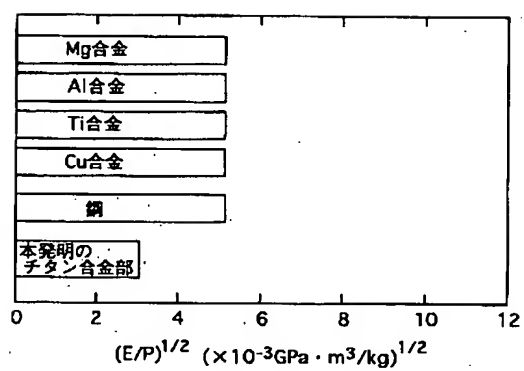
【図6】



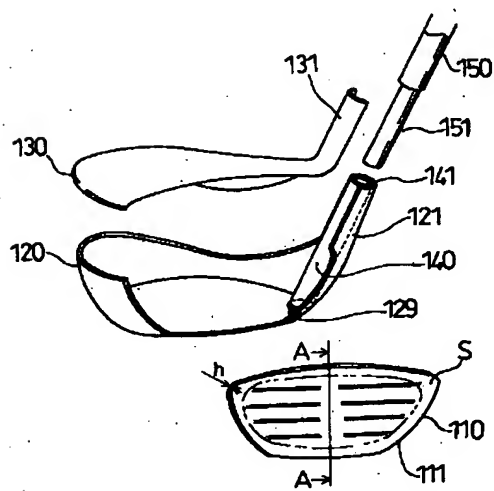
【図2】



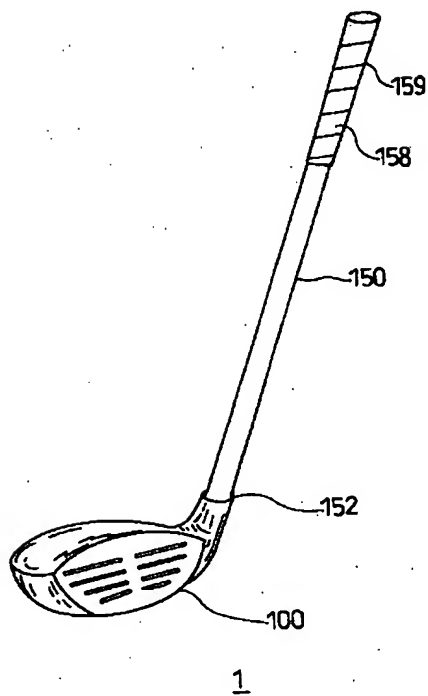
【図3】



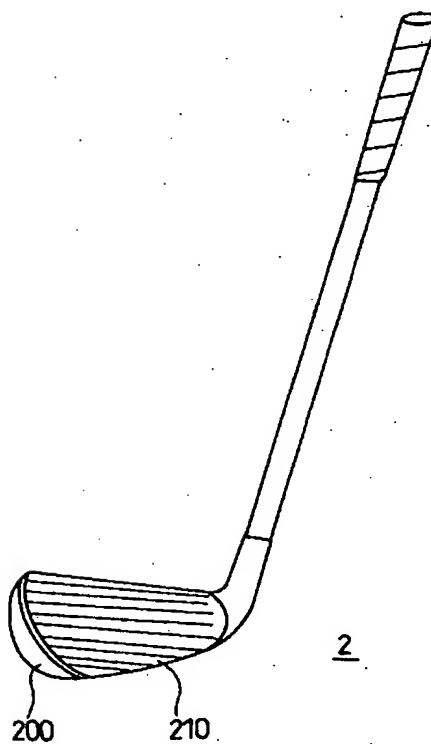
【図5】



【図4】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 西野 和彰
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 斎藤 卓
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
Fターム(参考) 2C002 AA02 AA05 CS05 MM04 SS03
SS05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.